



Universidad
Carlos III de Madrid

Departamento de Tecnología Electrónica

PROYECTO FIN DE CARRERA

Sistema de Adquisición de Datos con Aislamiento por Sonda Óptica hasta 20MHz basado en la Tarjeta PDA14.

Autor: Rafael Izquierdo Fernández

Directores: José Antonio García Souto

Julio Enrique Posada Román

Leganés, Octubre de 2011

Título: SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS CON AISLAMIENTO POR SONDA ÓPTICA
HASTA 20MHZ BASADO EN LA TARJETA PDA14

Autor: Rafael Izquierdo Fernández

Directores: José Antonio García Souto y Julio Enrique Posada Román

EL TRIBUNAL

Presidente: _____

Vocal: _____

Secretario: _____

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día 25 de Octubre de 2011 en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

Agradecimientos

Agradezco a mi familia, compañeros y amigos por ser el apoyo más firme en los diferentes periodos que ha tenido este proyecto y por aportarme algo más que ayuda.

Agradezco a José Antonio García Souto y Julio Posada su colaboración como tutor y co-director de mi proyecto fin de carrera, así como su paciencia, ayuda y conocimientos, que sin duda han contribuido al éxito de esta última etapa académica.

Brevemente, pero no por eso menos importante, agradezco a mis compañeros del laboratorio de optoelectrónica y técnicos de laboratorio por su ayuda puntual en diferentes etapas de este proyecto.

Por último, agradezco a la institución Universidad Carlos III por poner a mi disposición todo el material necesario para llevar a cabo esta tarea, así como por contribuir a mi formación académica.

Resumen

En este trabajo se ha desarrollado un sistema de adquisición de datos basado en la tarjeta digitalizadora PDA14 y en el empleo de una sonda óptica como elemento de aislamiento capaz de transmitir señales hasta un ancho de banda de 20MHz. Para su realización se ha diseñado, implementado y caracterizado la sonda óptica mediante un enlace con fibra óptica de plástico, con un módulo emisor láser semiconductor y el circuito electrónico receptor, para el cual se han comparado varios modelos de amplificador. La realización del circuito emisor ha abarcado el análisis de dos modelos basados en el empleo de un emisor LED (peores prestaciones y bajo coste) y un módulo láser semiconductor (altas prestaciones y mayor coste). Por otro lado, para el desarrollo del circuito de detección se ha realizado un estudio exhaustivo debido a su influencia en el ancho de banda del sistema de adquisición.

Adicionalmente, se ha realizado la puesta en marcha del sistema de adquisición de datos con la tarjeta digitalizadora PDA14 y los elementos de control proporcionados por el fabricante para un entorno de desarrollo basado en instrumentación virtual en LabVIEW.

Finalmente, se ha dotado al sistema de adquisición de datos de la funcionalidad necesaria para esquemas de instrumentación con muestreo síncrono, almacenamiento y post-procesamiento, con aplicación en demodulación de señales y en sensores ópticos.

Palabras clave: *instrumentación optoelectrónica, sistema de adquisición, sonda óptica, aislamiento óptico, muestreo síncrono, instrumentación virtual, LabVIEW.*

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.	1
1.1	Introducción.....	1
1.2	Objetivos del proyecto.....	2
1.3	Fases de desarrollo.	3
1.4	Medios empleados.	4
1.5	Estructura de la memoria.	5
2	SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS CON AISLAMIENTO POR Sonda Óptica.	7
2.1	Introducción.....	7
2.2	Requisitos de diseño.....	9
2.3	Esquema de bloques.....	10
3	CIRCUITO DE DETECCIÓN ÓPTICO.	13
3.1	Selección de los componentes.	13
3.2	Diseño del receptor óptico.....	21
3.2.1	Estudio teórico.....	22
3.2.2	Simulación empleando OrCAD.	24
3.3	Diseño PCB y construcción de placas de circuito impreso.....	28
4	TRANSMISIÓN DE LA SEÑAL A TRAVÉS DE FIBRA ÓPTICA.	38
4.1	Selección de componentes.....	38
4.1.1	Componentes del circuito emisor LED.	40
4.1.2	Módulo Láser.....	44
4.2	Diseño y desarrollo de la etapa de transmisión óptica.....	44
4.2.1	Emisor LED.....	46
4.2.2	Módulo láser.	51
4.3	Pruebas y resultados del circuito completo.	55
4.3.1	Emisor LED – Circuito LM6181.....	55
4.3.2	Emisor LED – Circuito OPA380.....	61
4.3.3	Módulo láser – Circuito LM6181.	65
4.3.4	Módulo láser – Circuito OPA380.	68
5	ADQUISICIÓN Y ANÁLISIS DE LA SEÑAL EMPLEANDO LA TARJETA PDA14.....	74
5.1	Características principales de la tarjeta PDA14.	74
5.2	Programa de control en LabVIEW.....	77
5.3	Instalación de la tarjeta digitalizadora PDA14 y sus conexiones.	80
5.4	Adaptación del instrumento virtual.....	82
6	APLICACIONES DEL SISTEMA.	87
6.1	Sistema de adquisición con aislamiento por sonda óptica.....	88
6.2	Detección por muestreo síncrono.	89
6.3	Sensor óptico.	97
7	CONCLUSIONES.	100
8	REFERENCIAS.....	102
9	ANEXOS.....	103
9.1	PLIEGO DE CONDICIONES	103
9.2	PRESUPUESTO.....	104
9.2.1	ÍNDICE	104
9.3	PLANOS	112
9.3.1	PCBs.....	112
9.3.2	Diagrama de bloques.	113
9.3.3	Vistas LabVIEW.....	129
9.4	Catálogos.	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1.	Diagrama general SAD.....	8
Fig 2.	Tarjeta de adquisición PDA14.	11
Fig 3.	Ejemplo de programación gráfica usada en LabVIEW.....	12
Fig 4.	Componentes presentes en el circuito receptor.....	14
Fig 5.	Esquema modelo proporcionado por el fabricante.	19
Fig 6.	Típico circuito convertidor I/V.....	22
Fig 7.	Diagrama de Bode que muestra la idealidad de los componentes.....	23
Fig 8.	Diagrama de Bode que muestra la influencia de la capacidad parásita del diodo.....	23
Fig 9.	Diagrama de Bode que muestra los efectos de la introducción de un condensador de compensación.	24
Fig 10.	Esquemático general del circuito receptor óptico.	25
Fig 11.	Circuito receptor óptico con LM6181.	26
Fig 12.	Diagrama de bode. Ganancia y fase para valores de $R_f = 1k, 10k, 1Meg, 10Meg$	27
Fig 13.	Diagrama de bode. Comportamiento del circuito para $R_f=1K\Omega$ y $C_f=0pF, 5pF, 10pF, 20pF$	28
Fig 14.	Diseño del circuito en OrCAD para simular su comportamiento.	29
Fig 15.	Acondicionamiento del circuito para su trabajo en Layout.	30
Fig 16.	Distribución de los pines para el LM6181 y el OPA380.....	33
Fig 17.	Placa para el dispositivo LM6181.....	35
Fig 18.	Placa final LM6181.	35
Fig 19.	Partes del circuito para el modelo LM6181.	36
Fig 20.	Placa para el dispositivo OPA380.	37
Fig 21.	Placa final OPA380.	37
Fig 22.	Resistencias SMD.	38
Fig 23.	Modelo resistivo a altas frecuencias.	39
Fig 24.	Condensadores electrolíticos.	39
Fig 25.	Esquema circuito emisor.	40

Fig 26.	Características de la pareja elegida para la transmisión óptica.	42
Fig 27.	Rangos de trabajo de la pareja de dispositivos ópticos emisor-detector.	42
Fig 28.	Diferentes encapsulados LED (izquierda) y un módulo láser (derecha).....	45
Fig 29.	Esquema básico del circuito emisor LED.	46
Fig 30.	Placa circuito emisor LED.	50
Fig 31.	Incorporación de jumpers a los terminales del láser.	53
Fig 32.	Placa de conexión láser-instrumentación.	53
Fig 33.	Vista completa de la placa.....	54
Fig 34.	Montaje soporte, alineamiento entre la fibra óptica y la lente del láser.....	54
Fig 35.	Circuito completo: Emisor LED SFH756 y empleo LM6181.	55
Fig 36.	Circuito receptor con modelo LM6181.	59
Fig 37.	Circuito receptor con modelo OPA380.	62
Fig 38.	Señal obtenida para 100KHz.	62
Fig 39.	Señal obtenida para 1MHz.	63
Fig 40.	Señal obtenida para frecuencia >10MHz.	63
Fig 41.	Nueva frecuencia de corte tras aplicar polarización inversa de 5V al fotodiodo.	64
Fig 42.	Relación de tensiones para la frecuencia de corte de 300KHz.....	66
Fig 43.	Relación de tensiones para una frecuencia de 10MHz.	66
Fig 44.	Relación de tensiones para una frecuencia de 2MHz.	67
Fig 45.	Relación de tensiones para una frecuencia de 22MHz.	68
Fig 46.	Distorsión de la señal de salida para 2KHz.	69
Fig 47.	Señal de salida para 20KHz.....	69
Fig 48.	Señal de salida para 200KHz.....	70
Fig 49.	Relación de tensiones para 700KHz, frecuencia de corte del sistema.	70
Fig 50.	Relación de tensiones para una frecuencia de 2MHz.	71
Fig 51.	Relación de tensiones para una frecuencia de 22MHz.	72
Fig 52.	Interfaz del programa, "front panel".	78
Fig 53.	Diagrama de Bloques, "Block diagram".	80
Fig 54.	Conexiones tarjeta PDA14.....	80

Fig 55.	Conexiones necesarias para nuestro sistema.	81
Fig 56.	Bloque modificado para guardar la señal.....	84
Fig 57.	Panel de adquisición.....	84
Fig 58.	Panel de presentación y almacenamiento.	85
Fig 59.	Bloque encargado de la carga de datos.	86
Fig 60.	Panel de usuario para la carga de datos.....	86
Fig 61.	Detalle del panel de configuración de la tarjeta de adquisición PDA14.	90
Fig 62.	Detalle del panel de configuración del disparo.....	91
Fig 63.	Forma de onda obtenida con desfase adicional de 0 grados.	92
Fig 64.	Forma de onda para un desfase adicional de 20 grados.....	92
Fig 65.	Forma de onda para un desfase adicional de 45 grados.....	93
Fig 66.	Forma de onda obtenida para una frecuencia de 10MHZ de la señal modulada.	94
Fig 67.	Señal obtenida para un desfase de 20 grados (con sonda óptica).....	95
Fig 68.	Señal obtenida para un desfase de 45 grados (con sonda óptica).....	95
Fig 69.	Mínimo valor de la onda de salida para la frecuencia de la modulada de 10MHz.	96
Fig 70.	Máximo valor de la onda adquirida en las condiciones descritas.	96
Fig 71.	Montaje completo del ejemplo de aplicación como sensor óptico obsérvese la introducción del altavoz encargado de producir las perturbaciones a detectar.....	97
Fig 72.	Señal portadora de la envolvente del ruido provocado.....	98
Fig 73.	Esquema de los bloques encargados de detectar la envolvente.	99
Fig 74.	Detección de la envolvente que describe la medida de vibracion	99

ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 1.	RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS FOTODETECTORES.	18
TABLA 2.	GANANCIA Y ANCHO DE BANDA PARA CADA UNO DE LOS PROTOTIPOS.	74

1 Introducción y objetivos.

1.1 Introducción.

La principal motivación del proyecto reside en el desarrollo de una sonda óptica orientada a la adquisición de datos hasta decenas de MHz y el empleo de la tarjeta de adquisición PDA14 en entorno LabVIEW, la cual está dotada de características que permiten implementar esquemas síncronos, con ancho de banda hasta 50 MHz. Con ambos elementos se pretende completar la funcionalidad básica para la que inicialmente está orientado el sistema.

Inicialmente se plantea desarrollar una sonda óptica como elemento de aislamiento que además sea capaz de trabajar con frecuencias hasta 20 MHz para detección de una banda amplia de ultrasonidos y hasta 50 MHz para sensores ópticos con muestreo síncrono en la tarjeta PDA14. El aislamiento óptico dota al sistema de seguridad extra entre los elementos de emisión y recepción a través de un medio guiado de fibra óptica. La detección óptica con el ancho de banda especificado atiende tanto a las necesidades de la sonda de protección y aislamiento para la tarjeta PDA14, como a su utilización en sensores ópticos conectados a la misma.

Por otra parte se plantea la puesta en marcha de la tarjeta de adquisición PDA14 en la plataforma de instrumentación virtual LabVIEW, el control de la tarjeta y gestión de los datos a través del archivo proporcionado por el fabricante y el desarrollo de funcionalidades adicionales al mismo como el muestreo síncrono.

En el proyecto se ha abordado en primer lugar el análisis y diseño de la sonda óptica formada por una parte emisora, empleando dispositivos de emisión LED o un módulo láser de semiconductor, la transmisión de la señal luminosa a través de fibra óptica multimodo de polímero (aislamiento óptico) y el diseño del circuito receptor, para el cual se evalúa su funcionamiento con dos modelos de amplificador. Sus principales características son el empleo de la fibra óptica como elemento de aislamiento y la orientación a medidas con suficiente ancho de banda (hasta 20MHz).

La metodología empleada incluye desde la familiarización con el entorno de trabajo (laboratorio optoelectrónico e instrumentación virtual), pasando por la selección de los componentes y diseño de circuitos, hasta la puesta en marcha y programación del sistema de adquisición.

Este documento recoge la implementación del sistema, describiendo el análisis y desarrollo de la sonda óptica, el módulo de análisis y gestión de la señal basado en la tarjeta PDA14 y la programación con instrumentación virtual LabVIEW. Además se describen dos aplicaciones adicionales a la función como sonda óptica.

1.2 Objetivos del proyecto.

El objetivo fundamental del **proyecto** es construir un sistema de adquisición de datos que incorpore una sonda óptica con ancho de banda hasta 20MHz (emisión por modulación de un láser, transmisión de señales a través de fibra óptica multimodo y recepción) y basado en la tarjeta digitalizadora PDA14, donde la aplicación de control, almacenamiento y muestreo síncrono de señales se realiza en la plataforma de instrumentación virtual LabVIEW.

El desarrollo de este sistema engloba dos vías, una vía *Hardware* y otra *Software*. La primera parte comprende la construcción de la sonda óptica, el desarrollo y análisis de la parte de emisión, el empleo de la fibra óptica multimodo y el circuito de recepción. La otra parte se centra en el módulo de control de la tarjeta PDA14 basado en LabVIEW, el estudio y puesta en marcha del mismo y las modificaciones en el código principal para completar la funcionalidad del sistema de adquisición para el caso de instrumentación con detección síncrona.

Sobre la base de este objetivo principal se han fijado una serie de *subobjetivos* divididos conforme al desarrollo de cada una de estas vías:

- **Transmisión de la señal a través de fibra óptica.**
 - Estudio y desarrollo de una sonda óptica capaz de transmitir las señales y proporcionar aislamiento óptico.
 - Emisión a través de un módulo láser de semiconductor o mediante un dispositivo emisor LED.
 - Estudiar el circuito de detección adecuado a los requisitos de ancho de banda, desarrollar un circuito de recepción y determinar para este último su respuesta con dos tipos de amplificadores.
- **Adquisición y muestreo síncrono empleando la tarjeta PDA14 en LabVIEW.**
 - Estudio y puesta en marcha de la tarjeta digitalizadora PDA14, familiarización con sus datos técnicos y programa de gestión y control en LabVIEW.

- Adaptación del programa principal de instrumentación virtual encargado del control de la tarjeta de adquisición PDA14 para incluir funcionalidades de gestión de datos y muestreo síncrono con reloj externo.

1.3 Fases de desarrollo.

Para la correcta realización del proyecto es necesario proceder al desarrollo de una parte *Hardware* y otra *Software*; ambas se encuentran bien diferenciadas hasta la fase final de ejemplos de aplicación en instrumentación. A su vez cada una cuenta con diversos apartados que en su tratamiento conjunto constituyen la totalidad del sistema.

Fases de desarrollo para *transmisión de la señal a través de fibra óptica*.

En esta primera fase se desarrolla todo aquello que engloba la parte física del sistema encargada de la emisión y recepción de la señal a través de la fibra óptica. A su vez esta parte se compone de dos bloques:

- **Bloque de transmisión:** circuitería electrónica que se encarga de la transmisión de la señal obtenida del acondicionamiento previo de la señal del sensor. Las pruebas se realizan empleando un dispositivo emisor LED y un módulo láser semiconductor. Ambos bloques se han estudiado utilizando herramientas de análisis y diseño (OrCAD) y sus circuitos se han implementado utilizando herramientas de montaje de circuitos impresos.
- **Bloque de detección:** se encarga de recibir la señal procedente de la transmisión a través de la fibra óptica. Se estudia y desarrolla utilizando la herramienta OrCAD comparando circuitos con amplificador de transimpedancia y con amplificador de corriente de la señal del foto-detector. Además este bloque conecta la tarjeta PDA14 y el resto de la sonda óptica, por lo que incluye los elementos de conexión y alimentación necesarios.

Fases de desarrollo para *Adquisición, análisis de la señal y muestreo síncrono empleando la tarjeta PDA14.*

La segunda fase de desarrollo implica la familiarización con el sistema de adquisición basado en la tarjeta PDA14 y su puesta en marcha. Describe la implementación de los programas de almacenamiento y adaptación del código principal para su funcionamiento con muestreo síncrono. Por último se prueba el sistema en varios esquemas de instrumentación que incluyen detección síncrona y sensores ópticos. Esta parte consta de los siguientes bloques:

- **Bloque de adquisición.** Se estudian las características principales de la tarjeta PDA14 y se lleva a cabo la puesta en marcha y el funcionamiento del sistema de adquisición de datos.
- **Instrumentación virtual de control.** Se estudia el instrumento virtual proporcionado por el fabricante *Signatec* para la tarjeta de adquisición PDA14 y su manejo a través de la herramienta LabVIEW. Además se implementa un bloque de almacenamiento de datos y gestión de los datos almacenados.
- **Muestreo síncrono con reloj externo.** Se adapta el instrumento virtual para funcionamiento con reloj externo y muestreo síncrono. Se realizan una serie de pruebas de validación del funcionamiento orientado a diferentes ejemplos con detección síncrona.

1.4 Medios empleados.

El presente proyecto fin de carrera ha sido realizado en el Grupo de Optoelectrónica y Tecnología Láser, dentro del Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad Carlos III de Madrid.

Tanto el desarrollo de la sonda óptica como el manejo de la tarjeta PDA14 se realizan en el laboratorio de optoelectrónica, el cual dispone de la instrumentación necesaria que permite construir y probar la parte *Hardware* del sistema, así como la plataforma *Software* que permite la programación de la tarjeta de adquisición.

Para la elaboración de los circuitos impresos se han utilizado los servicios de la oficina técnica y el apoyo de los técnicos de laboratorio del Departamento de Tecnología Electrónica.

Se ha utilizado la herramienta de simulación y la de diseño PCB de OrCAD.

Por último, para llevar a cabo la parte *Software* se dispone de un PC (véase *Pliego de condiciones*) que contiene la plataforma LabVIEW 8.6 y la tarjeta de adquisición *Signatec* PDA14 conectada a su placa base.

Cabe destacar la fase de formación previa basada en la documentación de la tarjeta PDA14 y los instrumentos virtuales de control proporcionados por el fabricante *Signatec*, así como en el tutorial de manejo de LabVIEW.

1.5 Estructura de la memoria.

Para facilitar la lectura de la memoria, se incluye a continuación un breve resumen de cada capítulo:

- **Capítulo 1: Introducción y objetivos.**
Introducción general al proyecto fin de carrera, presentando el problema a resolver, las partes que lo componen y sus características principales. Por otro lado se describe la motivación y los medios utilizados para el desarrollo del sistema de adquisición de datos.
- **Capítulo 2: Sistema de adquisición de datos con aislamiento por sonda óptica.**
Está orientado a proporcionar una visión global del proyecto describiendo el esquema de bloques y sus características principales.
- **Capítulo 3: Circuito de detección óptico.**
Se analiza el bloque de detección propuesto para la sonda, se estudia su respuesta en frecuencia y presenta su desarrollo desde la selección de los componentes hasta el diseño y montaje de las placas de circuito impreso para un amplificador de corriente y para un amplificador de transimpedancia.
- **Capítulo 4: Transmisión de la señal a través de fibra óptica.**
Recoge el desarrollo del bloque de transmisión de la sonda óptica utilizando un circuito con emisor LED o un modulo láser semiconductor. Incluye como en el capítulo anterior un estudio previo, selección de componentes y el diseño de los circuitos. Este capítulo también contiene las pruebas realizadas a la sonda óptica completa, es decir, bloque de transmisión, fibra óptica y circuito de detección desarrollado en el capítulo 3.

- **Capítulo 5: Adquisición y análisis de la señal empleando la tarjeta PDA14.**
Este capítulo introduce la parte de desarrollo y evaluación software de la señal adquirida. Describe las características principales de la tarjeta de adquisición PDA14, así como los pasos necesarios para la familiarización con este sistema y el entorno de trabajo LabVIEW. Por último describe el código implementado para realizar el almacenamiento de datos.
- **Capítulo 6. Aplicaciones del sistema.**
Se concluye con un pequeño resumen de la aplicación básica del sistema para su funcionamiento como sonda óptica, sintetizando su montaje y resultados. Además se muestran dos ejemplos de aplicación con el sistema implementado: la detección por muestreo síncrono con reloj externo y su uso en un sensor óptico.
- **Capítulo 7: Conclusiones.**
Se valoran los objetivos planteados al inicio del documento frente a los resultados obtenidos, determinando los problemas que se han presentado, las modificaciones que han surgido en el sistema y los resultados esperados.

2 Sistema de adquisición de datos con aislamiento por sonda óptica.

2.1 Introducción.

El objetivo principal de un sistema de adquisición de datos (SAD) consiste en la medida de un conjunto de señales físicas que a través de un elemento sensorial, generen algún tipo de parámetro eléctrico (voltaje, intensidad, variación óhmica...) y que posteriormente se digitalice de tal forma que se pueda procesar por algún elemento digital, como un ordenador.

Para llevar a cabo esta conversión, un SAD consta de una serie de elementos imprescindibles que están al margen de la aplicación final del sistema así como una serie de definiciones que participan en el proceso completo de adquisición.

En general se puede dividir un SAD [1] en las siguientes partes:

- **Adquisición:** En la adquisición se cuenta con los elementos encargados de convertir una señal física en un parámetro eléctrico, esto se realiza a través del **sensor**.
- **Acondicionamiento:** La parte posterior del sensor está conectada a un sistema de *acondicionamiento de la señal*, encargado de amplificar la señal recibida, así como eliminar el ruido presente en ella. Esta es una parte que somete la señal a una serie de procesos que permiten obtener una señal limpia de ruido para utilizar en un trabajo posterior. Tiene presente elementos como **amplificadores de instrumentación, amplificadores operacionales y filtros**.
- **Presentación:** La finalidad de un SAD es poder trabajar con los valores recibidos del sensor, para ello se recurre al uso de herramientas más potentes y complejas que sean capaces de llevar a cabo análisis y cálculos determinantes, como los microprocesadores y elementos digitales. Es en esta parte donde se lleva a cabo el proceso de transformación de señales analógicas a digitales, para ello se emplean elementos como **convertidores A/D, multiplexores analógicos y digitales y numerosos elementos digitales (contadores, registros,...)**.

2. Sistema de adquisición de datos con aislamiento por sonda óptica

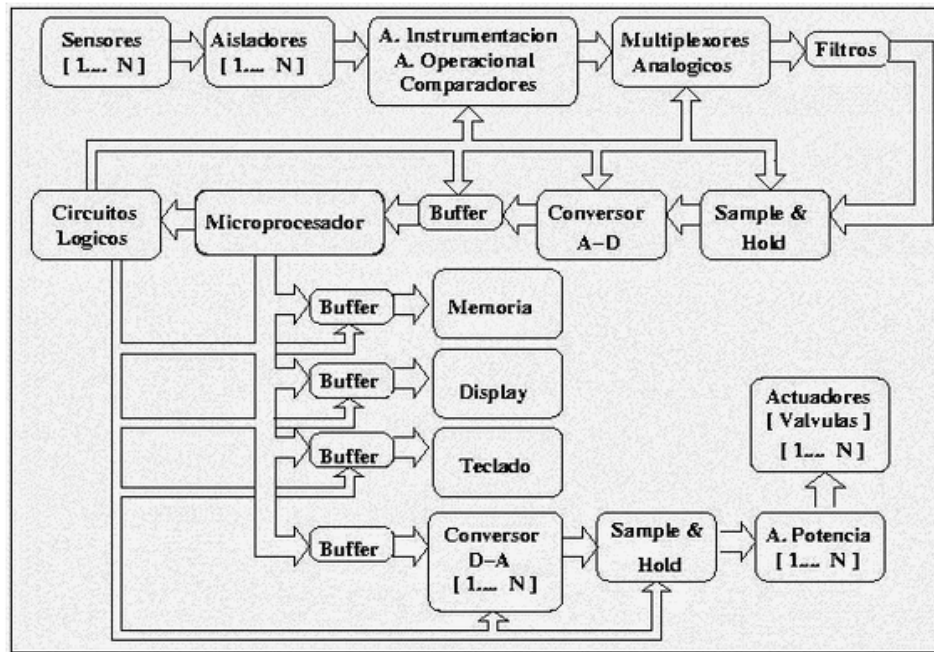


Fig 1. Diagrama general SAD.

El presente proyecto fin de carrera ha tenido en cuenta estas etapas, pero centra su desarrollo asumiendo la presencia de los elementos intermedios y centrando su estudio en la transmisión de datos a través de fibra óptica. En conclusión, el sistema de adquisición de datos se ha desarrollado obviando los siguientes elementos:

- **Sensor:** Aunque se necesita la presencia de un elemento de adquisición de magnitudes físicas, no se ha entrado en detalle en cuanto al tipo de sensor a utilizar, no obstante está orientado a la captura de magnitudes de alta frecuencia, como las emisiones acústicas de descargas parciales. Se considera que la señal que llega es un voltaje inferior a 1.5Vp que ha pasado por el correspondiente acondicionamiento y calibración.
- **Digitalización de la señal:** Los elementos encargados de convertir la señal analógica en una señal digital están presentes en la tarjeta de adquisición PDA14, es por lo tanto este elemento el encargado de adquirir, almacenar y a través de la herramienta *Software* que lo controla, mostrar en pantalla.

2.2 Requisitos de diseño.

La particularidad del SAD reside en el medio por el que se transmite la señal. Se ha intercalado fibra óptica entre la parte de acondicionamiento de la señal y la conversión analógica/digital, proporcionando aislamiento eléctrico entre el bloque de emisión y de recepción. A continuación se muestran los requisitos del SAD propuesto:

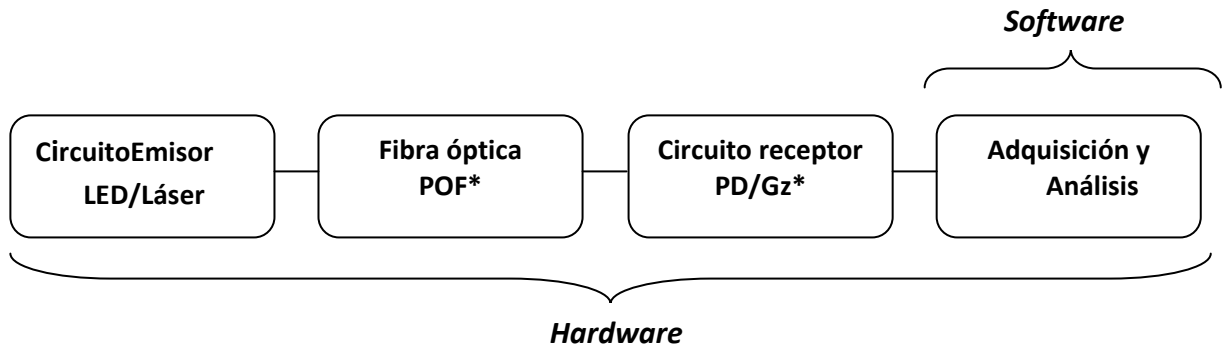
- **Aislamiento.** El sistema cuenta con aislamiento mediante la introducción de fibra óptica multimodo. Este elemento aísla la parte de adquisición y transmisión con la parte de recepción, gestión y análisis.

Se cuenta así con la ventaja que supone que dos elementos estén aislados, evitando contagio de fallos físicos y facilitando la operación con la señal adquirida sin necesidad de situarse en la zona de adquisición de los parámetros. Con motivo de esta última razón, al tratarse de un aislamiento óptico, el SAD propuesto está destinado al trabajo en zonas de operación con elementos hostiles, en el que la presencia de corriente eléctrica puede suponer la integridad de los seres humanos.

- **Frecuencia de muestreo y ancho de banda.** Se ha optado por el diseño del sistema para velocidades de transmisión altas debido a la versatilidad de la tarjeta de adquisición PDA14. Las características que presenta esta DAQ están orientadas a la adquisición de señales a velocidades de trabajo altas (ancho de banda 50MHz y frecuencia de muestreo 100 MSps), además de ser una tarjeta de útiles características para la adquisición (véase Características principales de la tarjeta PDA14.) que permite ser orientada hacia otras aplicaciones como la detección síncrona.

2.3 Esquema de bloques.

El desglose del sistema de adquisición de datos está íntimamente relacionado con la estructura que persigue este documento, así una visión completa la ofrece el siguiente diagrama de bloques, el cual divide el circuito en dos grandes grupos: parte *Hardware* y parte *Software*.



*POF: Plastic Optical Fiber.

*PD: Photodiode.

*Gz: Transimpedance Amplifier.

Hardware (Capítulos 3 y 4).

1. **Circuito emisor:** La parte de emisión de señales consta la primera parte del SAD propuesto y es la encargada de recibir la señal proporcionada del sensor y transmitirla a través de un LED o un módulo láser. Para cada uno de los casos el proceso será análogo:

El circuito recibe una tensión inferior a 1.5Vp procedente de un determinado transductor, será modulada con el dispositivo *SFH756* (emisor LED) o el módulo láser V9232 y emitida directamente a través de la fibra de plástico. El dispositivo *SFH756* consta de un circuito de polarización mientras que el módulo láser posee un circuito de protección y funcionalidad *plug and play*.

2. **Fibra óptica.** Se utiliza una fibra de plástico (*POF*) como elemento de transmisión y aislamiento del circuito. Por ella es transmitida la señal detectada hasta el extremo de la fibra, nexo de unión con la segunda parte del sistema, proporcionando el aislamiento eléctrico buscado. El estudio se realiza para fibras de longitud 80cm de largo y 1 mm de diámetro.
3. **Circuito Receptor.** La tercera parte del sistema comprende la recepción de la señal recibida por la fibra óptica, y su posterior conversión a tensión a

través del uso de un amplificador en configuración paralelo-paralelo. Se obtendrá una señal máxima de 5Vp, la cual es transmitida a la tarjeta de adquisición mediante un cable de extremos *BNC/SMA*.

4. **Adquisición y análisis.** Por último se utiliza la tarjeta de adquisición PDA14 para obtener y digitalizar los datos. Esta tarjeta está conectada al PC a través de la conexión PCI de la placa base del ordenador. Sus características están disponibles al alcance del usuario a través de la aplicación de control y gestión *ScopeDemo.vi* en LabVIEW.

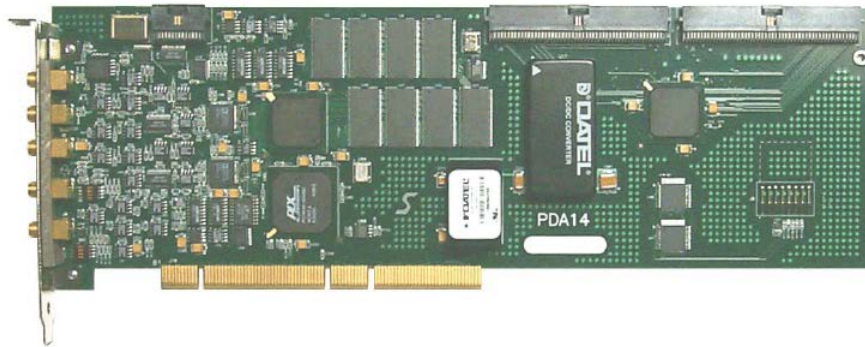


Fig 2. Tarjeta de adquisición PDA14.

Software (Capítulo 5).

1. **Adquisición y análisis de datos.** Tras la adquisición de los datos se emplea la aplicación *ScopeDemo.vi* suministrada por *Signatec*, desarrollada para controlar las características de la tarjeta. Esta manipulación del dispositivo se realiza través de la herramienta gráfica LabVIEW, así como sus funciones de visualización, almacenamiento y cálculo.

2. Sistema de adquisición de datos con aislamiento por sonda óptica

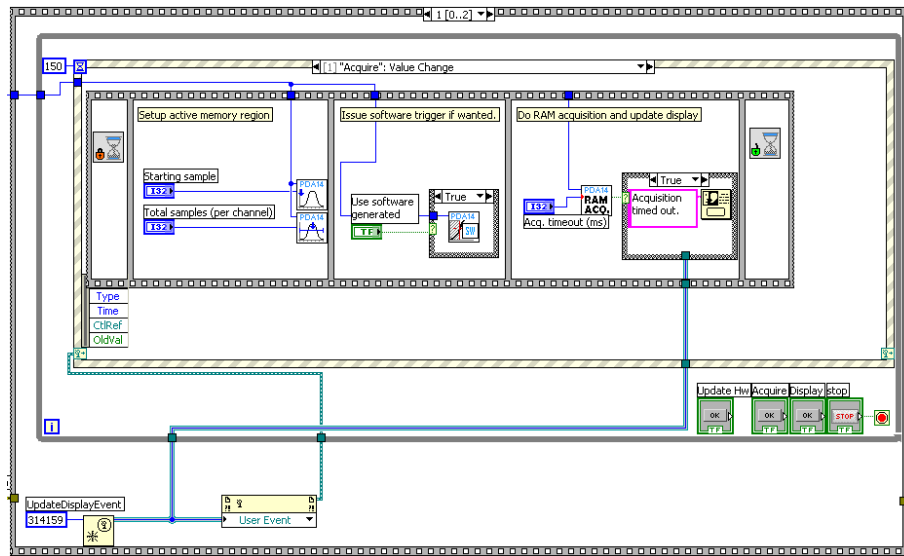


Fig 3. Ejemplo de programación gráfica usada en LabVIEW.

3 Circuito de detección óptico.

El circuito de detección forma parte de la sonda óptica y su función es recibir la señal transmitida por la fibra de plástico, amplificar su valor de corriente y conectarla al canal de la tarjeta PDA14. Este bloque contiene componentes cuyo modelo real influye en el trabajo a altas frecuencias. Esta característica sitúa al bloque de detección como la parte principal que afecta a las prestaciones del conjunto del sistema, ancho de banda y ganancia.

El siguiente capítulo recoge un análisis exhaustivo de los componentes que lo forman, observando su comportamiento a altas frecuencias y sus valores parásitos, un análisis teórico a través de problemas análogos, un análisis práctico empleando la herramienta de diseño OrCAD, y la construcción de las placas impresas con dispositivos de montaje superficial.

3.1 Selección de los componentes.

Los componentes del circuito receptor cumplen con las características generales del SAD propuesto y las específicas dentro de su función dentro del circuito. Los elementos pasivos presentes en esta parte cumplen con las características generales que se mencionan al principio del apartado 2.2, así las resistencias son de estructura *SMD*, mientras que los valores de estas son los puntualizados en el apartado 3.2.1.

La estructura de los condensadores son elegidos según el valor de su capacidad, en este caso el valor se sitúa en torno a *picoFaradios*, lo cual determina a su vez la estructura física del condensador, es decir, se utilizarán condensadores cerámicos.

El resto de los componentes asociados únicamente al circuito receptor necesitan un estudio de acorde a la función que realizan. Estos componentes son:

- **Fotodiodo.** Este elemento se encarga de recibir la señal del sensor a través de la fibra óptica de plástico y traducirla en corriente.
- **Amplificadores.** Se utiliza un amplificador de corriente y otro de transimpedancia, ambos con realimentación paralelo-paralelo.

3. Circuito de detección óptico

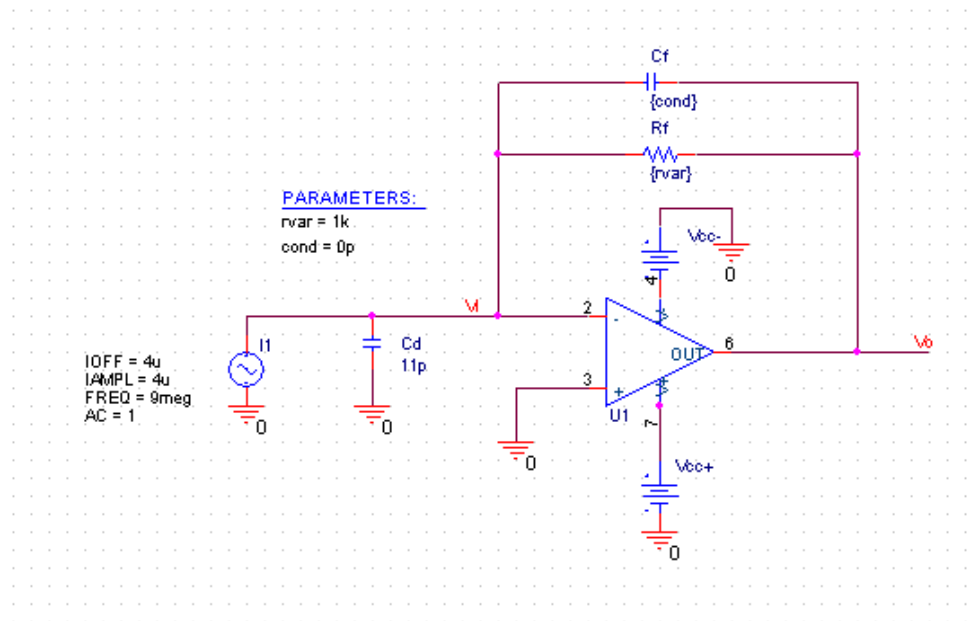


Fig 4. Componentes presentes en el circuito receptor.

Fotodiodo

El dispositivo encargado de recibir la señal del sensor después de que esta haya sido transmitida por la fibra óptica, es el fotodiodo. Este componente recibe la señal luminosa que viaja a través de la fibra para convertirla de forma equivalente en una corriente que varía según la intensidad lumínica que haya recibido.

Las características principales que debe cumplir este dispositivo son las siguientes:

- **Valores rápidos de conmutación.** Se persigue que el componente sea rápido ante frecuencias de trabajo altas, por lo que es necesario que tenga tiempos de subida y bajada bajos.
- **Capacidad parásita.** Como se ve en el apartado 3.2.1, el valor de los condensadores parásitos de los diodos afecta a la respuesta del circuito [7] la capacidad de este es un criterio de selección a tener en cuenta. Observar los valores de condensador parásito para una tensión inversa aplicada es importante para contemplar la posibilidad de disminuir este valor parásito.
- **Espectro luminoso.** El componente debe estar diseñado para tener buena sensibilidad ante ciertos valores de longitud de onda. Este rasgo indica si el dispositivo es capaz de detectar ese margen de valores, y afecta directamente a la ganancia completa del sistema.

5. Circuito de detección óptico.

Para la selección de los dispositivos fotodetectores se han utilizado las características descritas anteriormente pero añadiendo valores concretos. Se han buscado valores de condensador parásito de 10-1pF y respuesta ante tensión inversa. La curva de sensibilidad se ha considerado un criterio de selección secundario, siempre y cuando se encuentre entre los valores de 400-1000nm.

A continuación se muestran diferentes dispositivos fotodetectores analizados según el criterio impuesto anteriormente.

BPW41N.Silicon PIN photodiode (10MHz).

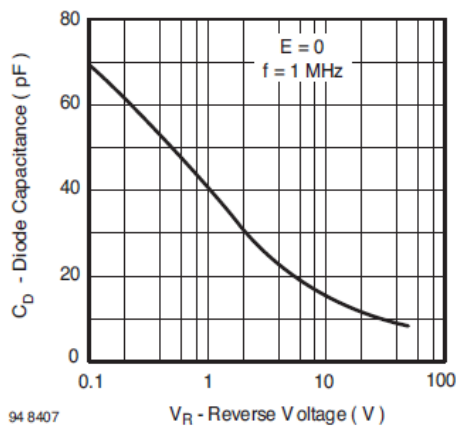
Tiempos de subida y de bajada.

Rise Time	$V_R = 10\text{ V}, R_L = 1\text{ k}\Omega,$ $\lambda = 820\text{ nm}$	t_r		100		ns
Fall Time	$V_R = 10\text{ V}, R_L = 1\text{ k}\Omega,$ $\lambda = 820\text{ nm}$	t_f		100		ns

Diseñado para trabajar a velocidades de conmutación de 10MHz.

Capacidad parásita.

Diode capacitance	$V_R = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}, E = 0$	C_D		70		pF
	$V_R = 3\text{ V}, f = 1\text{ MHz}, E = 0$	C_D		25	40	pF

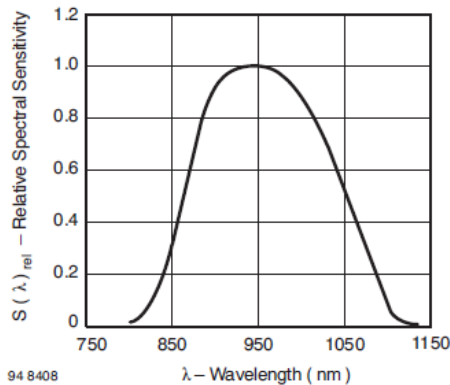


Según el valor de tensión inversa que se aplique al fotodiodo, se obtiene una capacidad de su condensador parásito C_p .

$$V_r = 0\text{V} \rightarrow C_d = 70\text{pF}$$

$$V_r = 40\text{V} \rightarrow C_d = 10\text{pF}$$

Sensibilidad espectral vs longitud de onda.



Rango = 800nm – 1100nm

Pico = 950nm

3. Circuito de detección óptico

SFH203/SFH203 FA. Silicon PIN Photodiode with Very Short Switching Time (200MHz).

Tiempos de subida y de bajada.

Anstiegs- und Abfallzeit des Fotostromes Rise and fall time of the photocurrent $R_L = 50 \Omega$; $V_R = 20 \text{ V}$; $\lambda = 850 \text{ nm}$; $I_p = 800 \mu\text{A}$	t_r, t_f	5	5	ns
---	------------	---	---	----

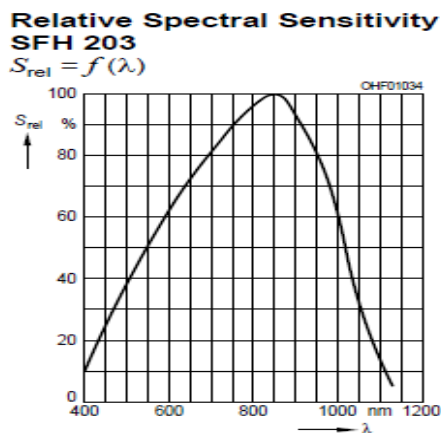
Diseñado para trabajar a velocidades de conmutación de 200MHz.

Capacidad parásita.

Kapazität, $V_R = 0 \text{ V}$, $f = 1 \text{ MHz}$, $E = 0$ Capacitance	C_0	11	11	pF
---	-------	----	----	----

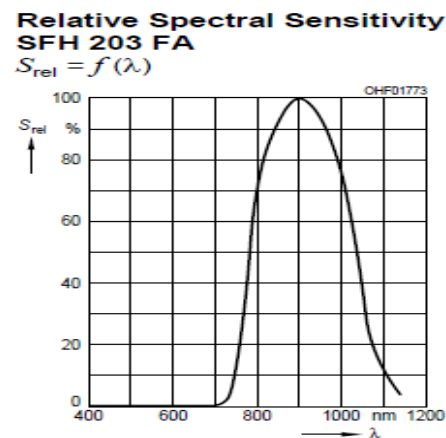
La hoja de características de este fotodiodo no presenta la curva de capacidad parásita frente a V_r , pero se puede observar que los valores del condensador son muy cercanos a los buscados para una V_r nula, lo que supone que el aumento de esta proporcionará un valor de capacidad todavía menor.

Sensibilidad espectral frente a longitud de onda.



Rango = 400nm - 1100nm

Pico = 950nm



Rango = 700nm - 1100nm

Pico = 900nm

5. Circuito de detección óptico.

SFH250. Plastic Fiber Optic Photodiode Detector (100MHz).

Tiempos de subida y de bajado.

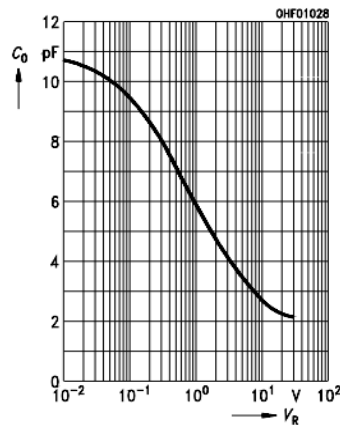
Rise and Fall Times of Photo Current ($R_L = 50 \Omega$, $V_R = 30 V$, $\lambda = 880 \text{ nm}$)			μs
10% to 90%	t_R	0.01	
90% to 10%	t_F	0.01	

Diseñado para trabajar a velocidades de conmutación de 100MHz.

Capacidad parásita.

Capacitance ($f = 1 \text{ MHz}$, $V_R = 0 V$)	C_O		11		pF
--	-------	--	----	--	----

Capacitance $C_O = f(V_R)$, $f = 1 \text{ MHz}$, $E_V = 0$

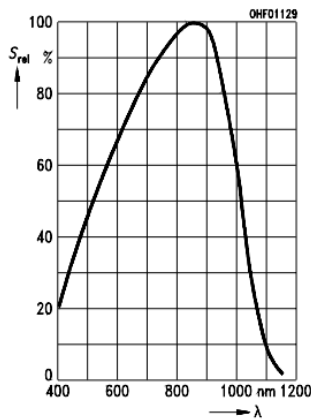


$V_r = 0V \rightarrow C_d = 11pF$

$V_r = 30V \rightarrow C_d = 2pF$

Sensibilidad espectral frente a longitud de onda.

Relative Spectral Sensitivity $S_{rel} = f(\lambda)$



Rango = 400nm – 1100nm

Pico = 850nm

3. Circuito de detección óptico

Fotodetector	Max. Cd (pF)	Min. Cd(pF)	Rango λ (nm)	Max. λ (nm)	Frec. Trabajo
BPW41N	70 Vr = 0V	10 Vr = 40V	800-1100	950	10Mhz
SFH203	11 Vr=0V	<11 Vr>0V	400-1100	950	200Mhz
SFH203 FA	11 Vr=0V	<11 Vr>0V	700-1100	900	200Mhz
SFH203 P	11 Vr = 0V	2 Vr = 50V	400-1100	850	200Mhz
SFH203 PFA	11 Vr = 0V	2 Vr = 50V	700-1100	900	200Mhz
SFH250	11 Vr = 0V	2 Vr = 30V	400-1100	850	100Mhz

Tabla 1. Resumen de las características principales de los fotodetectores.

Atendiendo a las características predeterminadas del circuito, el **SFH250** es el foto-detector que más se acerca a los rasgos buscados, debido a que posee una **capacidad parásita** de poco valor, una **frecuencia de trabajo** que permite un amplio margen de trabajo 100Hz- 20MHz, y un **espectro de sensibilidad** que recoge la longitud de onda del láser usado (690nm).

Dispositivos amplificadores.

El dispositivo foto-detector representa la entrada al circuito receptor ya que es el encargado de traducir la potencia lumínica en corriente. A su vez existe una relación entre la corriente y la tensión que se obtiene a la salida del circuito receptor. El amplificador es el encargado de introducir un determinado valor de amplificación y de relacionar la intensidad con la tensión. Para llevar a cabo esta relación se han empleado amplificadores de transimpedancia y de corriente en configuración paralela-paralela.

El valor de tensión generado a la salida del circuito receptor será el enviado a través del cable *SMA-BNC* hasta el canal 1 de la tarjeta de adquisición PDA14, siendo el valor de esta una tensión inferior a 5Vp.

La elección de los amplificadores se basa en el ancho de banda que poseen, siendo el valor buscado en torno a los 100MHz. Atendiendo a este dato los modelos empleados son OPA380 y LM6181. El formato físico de ambos amplificadores será de montaje superficial.

Amplificador de transimpedancia OPA380.

El OPA380 es un amplificador de transimpedancia con un ancho de banda en torno 90MHz y tensiones de alimentación fáciles de proveer (incluso de manera independiente) véase *anexo 8.4*. Su diseño está enfocado a funciones como, monitorización del fotodiodo, precisión en la conversión I/V o aplicaciones con amplificadores ópticos.

Adicionalmente la elección de este dispositivo se llevó a cabo al contar con la disposición de resultados proporcionados por los fabricantes, que mostraban el comportamiento de este dispositivo dentro de un circuito análogo al planteado, es decir, a través de una serie de tablas y gráficas presentes en su hoja de características se podía situar y diseñar el diagrama de Bode que más interesase.

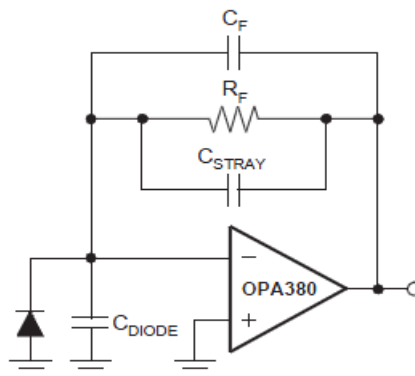
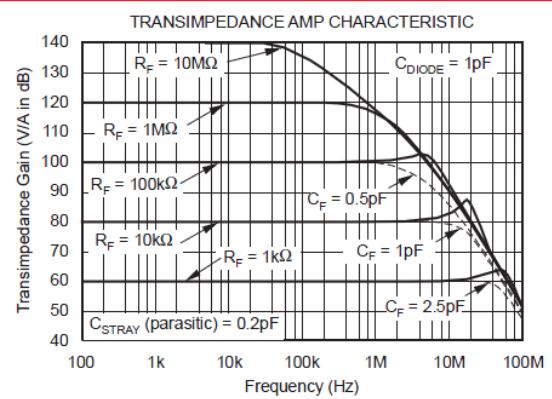
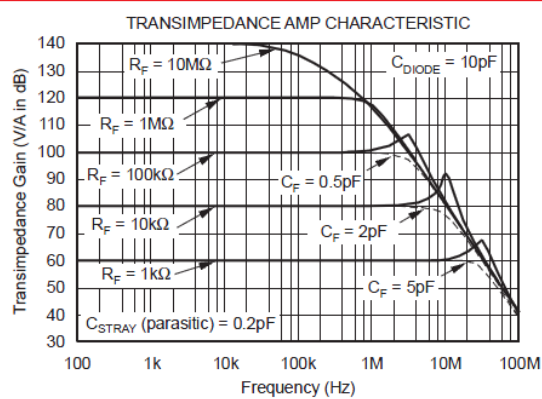
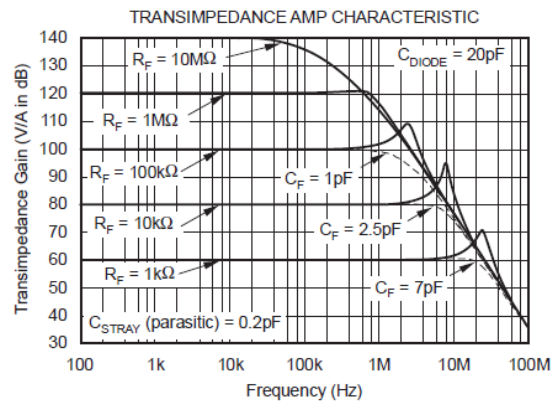
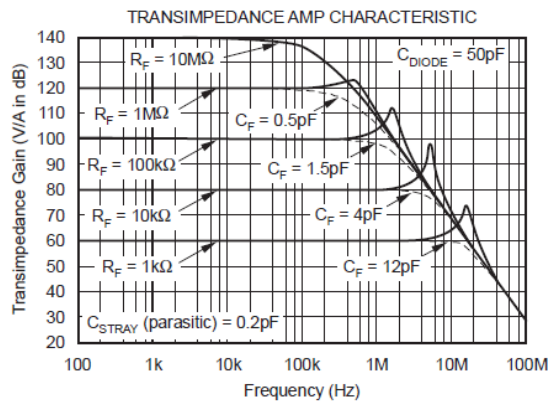


Fig 5. Esquema modelo proporcionado por el fabricante.

Se puede observar que este circuito es muy parecido al diseñado como circuito receptor. A partir de este diseño, el fabricante realiza un estudio variando cada uno de los parámetros del circuito, R_f , C_f , C_{stray} y C_{diode} , obteniendo un diagrama de Bode de diferentes características.

Este estudio previo sirve por lo tanto para orientar de manera fiable el diseño del circuito, utilizando los valores indicados en la hoja de características. A continuación se pueden observar las gráficas que más se acercan al diagrama de Bode buscado:

3. Circuito de detección óptico



El diagrama de Bode buscado se adecúa a los dos últimos de esta hoja. El valor de la resistencia $R_f=1k\Omega$ indica el valor de la ganancia del amplificador de transimpedancia, mientras que el ancho de banda y el pico de resonancia viene determinado por las capacidades del condensador de compensación y del condensador parásito.

Se puede observar que para conseguir un BW , situado en torno a 10Mhz, es necesario que la capacidad parásita del diodo se encuentre entre 10-1pF, rasgo utilizado como criterio en la selección del fotodiodo. Para más información acerca del dispositivo OPA380 véase 9.4.

Amplificador de realimentación de corriente LM6181.

El amplificador *LM6181* es un amplificador de corriente. El análisis que realiza el fabricante no es tan profundo ni tan preciso como el anterior, aunque independientemente el amplificador posee las características necesarias para poder cumplir con el trabajo para el que está destinado.

Podemos mencionar algunas características:

- **BW.** Ancho de banda del amplificador entre 50-100MHz dependiente de los valores de alimentación.
- **Valores de alimentación.** Posibilidad de elección entre alimentación simétrica $\pm 15V$ o $\pm 5V$ y en consecuencia, elección de prestaciones.

Para más información véase 9.4.

3.2 Diseño del receptor óptico

El diseño del circuito receptor compone la segunda parte del *Hardware* del SAD propuesto. Esta circuitería se encarga de recibir la señal del sensor previamente enviada a través de la *fibra* óptica. Es esta parte la encargada de transmitir la señal directamente a la tarjeta de adquisición PDA14. Las funciones del circuito receptor son las siguientes:

- Recepción de la señal del sensor a través de la *fibra* óptica.
- Acondicionamiento y amplificación de la señal a través de un amplificador de transimpedancia o de corriente.
- Conexión de la señal con la tarjeta de adquisición PDA14 a través de un cable *BNC-SMA*.

Para el desarrollo de este circuito es necesario tener muy en cuenta ciertos aspectos teóricos [4][7], que afectan directamente al estudio del problema que se presenta, si se une esto a la importancia del efecto que tiene el trabajo a altas frecuencias que caracteriza el SAD, la parte teórica se hace imprescindible.

Una parte importante que se ha de tener en cuenta, observada en el apartado 3.2.1, es el comportamiento de los dispositivos en las condiciones de trabajo a altas frecuencias. De forma complementaria se ha tenido en cuenta ciertos problemas teóricos que se pueden detectar a través de diferentes análisis teóricos empleando por ejemplo, diagramas de *Bode*.

Así pues el inicio del diseño de este circuito receptor se ha realizado a partir del análisis y la resolución de un problema teórico correspondiente a la asignatura *Laboratorio de Electrónica Analógica* de la titulación *Ingeniería Técnica Industrial: Electrónica Industrial*, que comprende la estructura del circuito utilizado pero que plantea problemas prácticos que condicionan la puesta en marcha.

3.2.1 Estudio teórico.

Este problema plantea un estudio acerca de los parámetros que pueden afectar a la estabilidad del circuito del problema, análogo al propuesto. A través del análisis de su diagrama de Bode y la resolución de apartados en los que se divide el problema se determinan las variables que afectan al circuito.

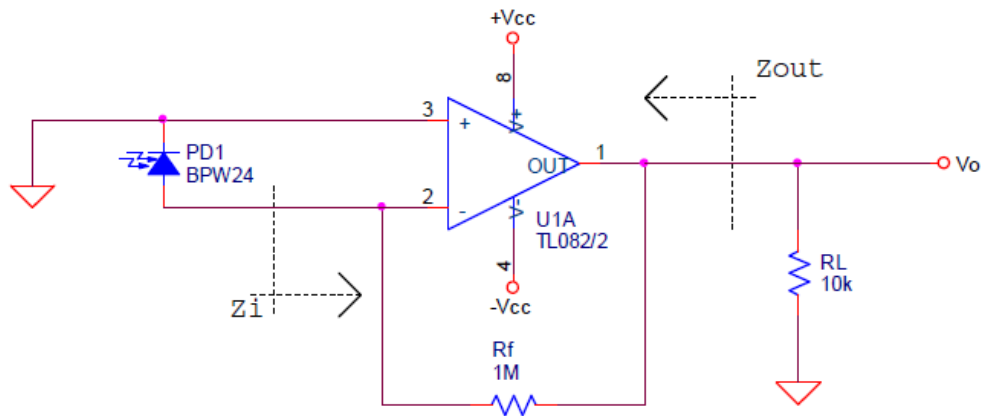


Fig 6. Típico circuito convertidor I/V.

El circuito de la Fig 6 plantea un estudio acerca de las condiciones de estabilidad de un circuito de acondicionamiento de un fotodetector, a través de un amplificador operacional operando con realimentación paralela-paralela.

La no-idealidad de los componentes supone un factor a tener en cuenta, en el caso concreto del fotodetector, su modelo real incluye una capacidad parásita C_d dependiente de la tensión contraria aplicada al dispositivo que afecta de forma directa a la estabilidad del circuito, bajando el margen de fase del sistema [7].

5. Circuito de detección óptico.

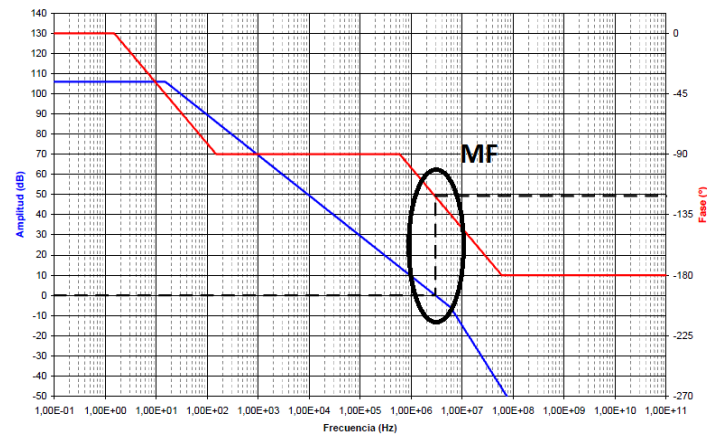


Fig 7. Diagrama de Bode que muestra la idealidad de los componentes.

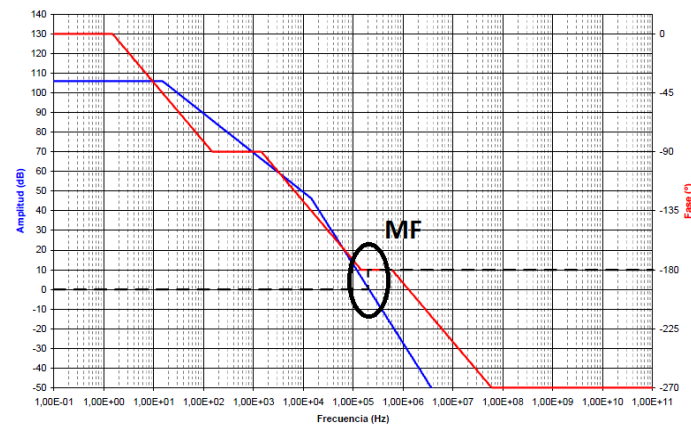


Fig 8. Diagrama de Bode que muestra la influencia de la capacidad parásita del diodo.

La necesidad de operar con un margen de fase superior al mostrado en el diagrama de Bode de la Fig 8 implica el uso de un condensador de compensación C_f en paralelo con la rama de realimentación del circuito, permitiendo un aumento del margen de fase y, en consecuencia una mayor estabilidad.

3. Circuito de detección óptico

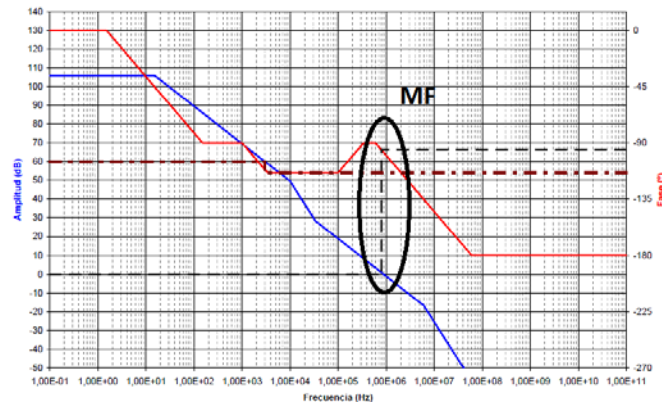


Fig 9. Diagrama de Bode que muestra los efectos de la introducción de un condensador de compensación.

Los valores de capacidad tanto del condensador parásito del diodo como del condensador de compensación de la rama de realimentación muestran un valor de margen de fase u otro.

Si la respuesta del sistema se orienta a poseer un ancho de banda entorno al valor de una frecuencia establecida, se tienen que modificar los valores de la resistencia de realimentación, pues está directamente relacionada con la ganancia y ancho de banda del circuito.

Si se tienen en cuenta estos tres parámetros, se obtienen diferentes combinaciones que se verán plasmadas en la representación de diferentes diagramas de bode, atendiendo a modificaciones en su ganancia, ancho de banda y pico de resonancia.

A partir de este estudio se obtiene un criterio fundamental a la hora de seleccionar el fotodiodo que se utiliza para captar la señal de la fibra óptica, es decir, además de ver si cumple con los requisitos fundamentales de trabajo en altas frecuencias, debe poseer un C_d de poca capacidad que no ponga en peligro la estabilidad de nuestro circuito y que además garantice el ancho de banda que se busca.

3.2.2 Simulación empleando OrCAD.

En el apartado 3.1 se han seleccionado los componentes que cumplen con las especificaciones necesarias para poder ser utilizados directamente en el circuito receptor. Para seguir estudiando el efecto de los condensadores parásitos, se ha realizado el análisis a través de la herramienta OrCAD [8], empleando los valores reales de los componentes elegidos anteriormente, con el fin de ver su comportamiento en altas frecuencias, empleando el diagrama de Bode resultante de la simulación.

5. Circuito de detección óptico.

Basado en la selección de los componentes vistos anteriormente se cuenta con los siguientes modelos:

- Fotodiodo (receptor): **SFH250**.
- Amplificador de corriente o de transimpedancia: **LM6181** - **OPA380**.

La simulación se lleva a cabo utilizando las características del *SFH250* cuyo modelado en OrCAD está representado por una fuente de corriente que emula la corriente generada por el fotodiodo, junto con un condensador en paralelo que representa la capacidad parásita del diodo. El amplificador utilizado en las simulaciones es el amplificador *LM6181*, debido a la existencia del componente dentro del programa.

En la siguiente figura se representa el modelo patrón que se utiliza para el circuito receptor. En general este diseño sirve para analizar el amplificador *LM6181*, mientras que para el *OPA380*, por ejemplo, cambiaría la posición del fotodiodo, es decir, la fuente de corriente alterna tendría que cambiar su polarización.

Al margen de las características específicas de cada amplificador, se tiene que tener en cuenta el efecto del condensador C_d , el valor de la resistencia de alimentación R_f , y el valor del condensador de realimentación o condensador de compensación C_f .

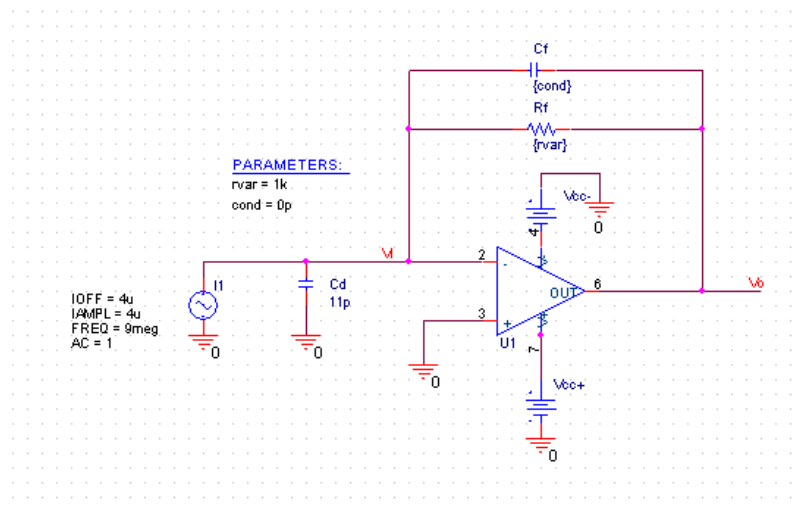


Fig 10. Esquemático general del circuito receptor óptico.

Este es el circuito general, se observa en la parte izquierda del esquema la simulación del fotodiodo y en el centro el amplificador de transimpedancia.

3. Circuito de detección óptico

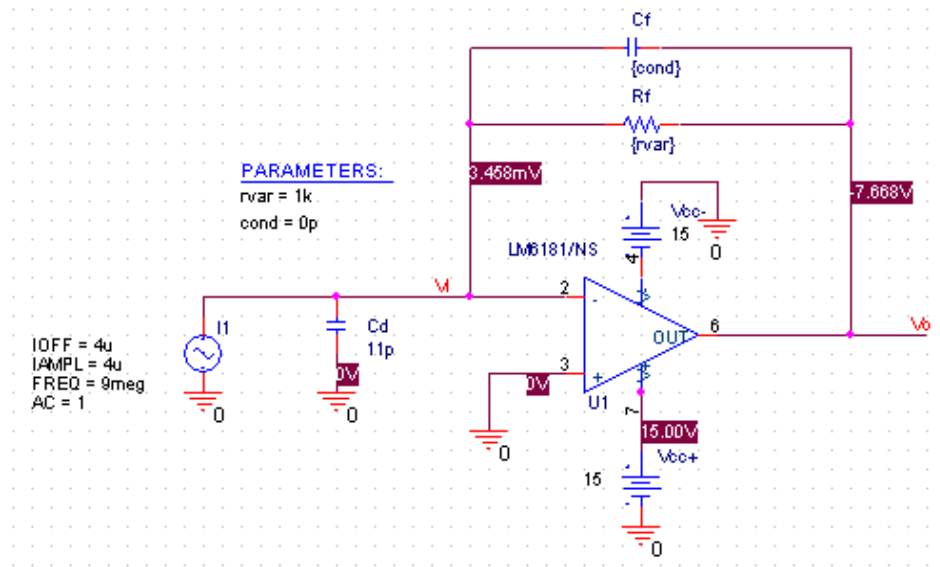


Fig 11. Circuito receptor óptico con LM6181.

Los parámetros utilizados en la simulación del circuito emulan los utilizados en el SAD real, por lo tanto la frecuencia será en torno a **9MHz**, mientras que el resto de los valores son los especificados en las hojas de características de cada uno de los componentes: valores de alimentación del amplificador, intensidad generada por el fotodiodo, valores de capacidad parásita... véase *Anexos*.

En la Fig 12 se muestra el diagrama de *Bode* del circuito para diferentes valores de resistencia de realimentación, así como las diferentes respuestas tanto en ganancia como en fase.

5. Circuito de detección óptico.

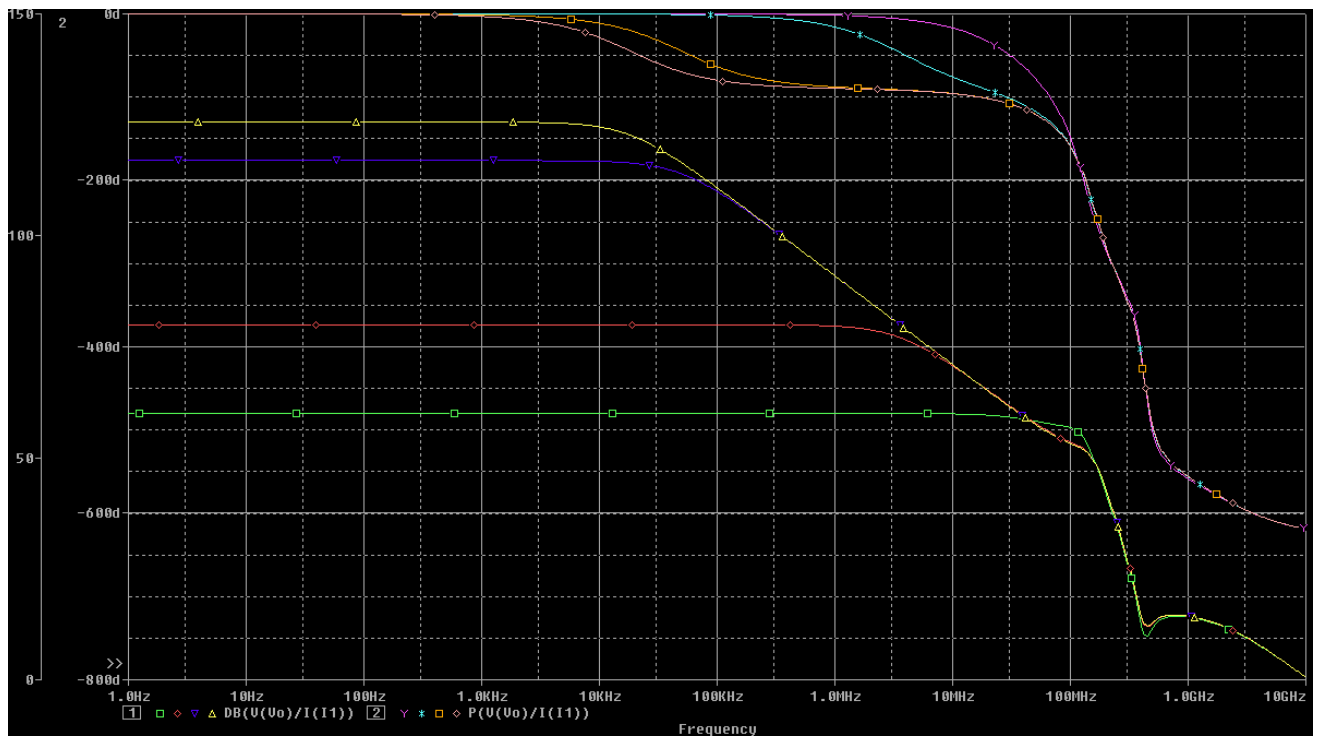


Fig 12. Diagrama de bode. Ganancia y fase para valores de $R_f = 1k, 10k, 1Meg, 10Meg$.

Se puede observar que dependiendo del valor de R_f , se consiguen valores de ganancia diferentes así como, naturalmente, debido al producto constante $BW \cdot G$, se obtiene un ancho de banda diferente.

Anteriormente se ha mencionado que las frecuencias de trabajo estaban situadas en torno a 10MHz, por lo tanto el valor que cumple estos requisitos será cuando $R_f = 1K\Omega$ con una ganancia de 60dB(Ω).

En el gráfico de la Fig 13 se realiza un análisis para observar el comportamiento del circuito ante la variación del condensador de realimentación o de compensación. Este elemento es importante para evitar picos de resonancia. Este tipo de respuesta es perjudicial para el circuito, pues la presencia de este fenómeno hace que éste se comporte de manera inestable y empiece a oscilar.

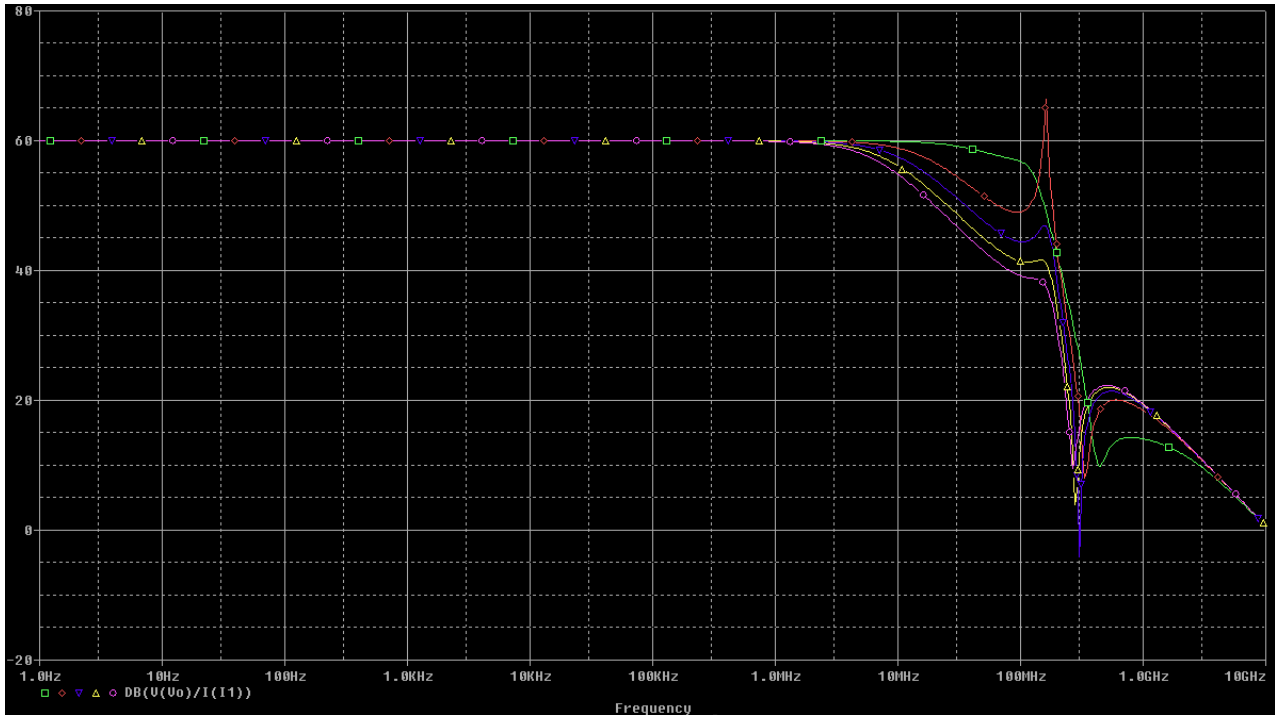


Fig 13. Diagrama de bode. Comportamiento del circuito para $R_f=1K\Omega$ y $C_f=0pF, 5pF, 10pF, 20pF$.

Dependiendo de los valores del condensador de compensación (C_f) se genera más o menos resonancia, así como afecta más o menos en la frecuencia de corte, es decir, cambia el polo del circuito. En este caso interesa la presencia de un polo de compensación de valor en torno a 3pF.

3.3 Diseño PCB y construcción de placas de circuito impreso.

Este proceso comprende el diseño del circuito: el tamaño de la placa, la orientación de los dispositivos y la distribución de las pistas de cobre, así como la configuración de las características de la placa como el tamaño de los taladros, thermal relief, dimensiones...

El proceso de creación de estas placas se realiza empleando la herramienta gráfica OrCAD, concretamente su aplicación OrCAD Layout, que aplicación del programa destinada al diseño de la placa.

Los pasos necesarios para obtener el modelo del circuito en *Layout* son los siguientes:

- **Asociar los *footprints* correspondientes.** Una vez que se tiene el circuito montado con los componentes electrónicos que interesan es necesario asociarles una plantilla, esta plantilla representa el tamaño real que ocupa el dispositivo en la placa final.

- **Diseño de la estructura y características físicas de la placa.** Una vez asociadas las huellas a cada uno de los componentes del circuito se tienen que estructurar y ubicar a lo largo de la placa, teniendo en cuenta su tamaño así como su conexión.

Diseño Footprints de los componentes.

Una vez analizado el circuito en cuestión es necesario adaptarlo para su posterior trabajo en *OrCad Layout*, esto se traduce en eliminar los elementos que únicamente tienen función de simulación. A continuación se observa el circuito con todos los componentes de simulación.

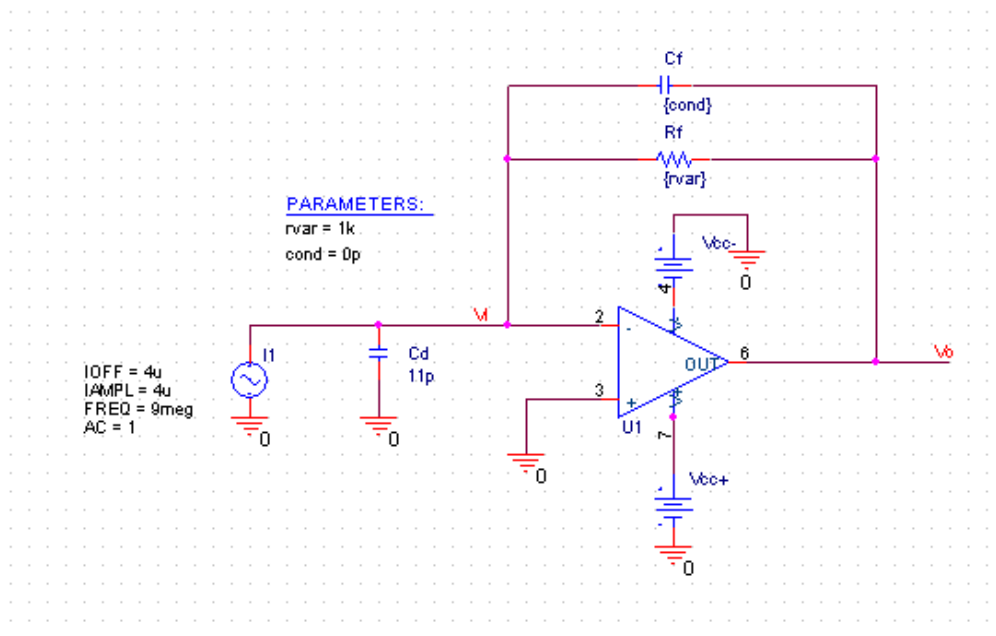


Fig 14. Diseño del circuito en OrCAD para simular su comportamiento.

Se puede observar en la Fig 14 que no aparece el fotodiodo, del que se hará uso en su montaje real, sino que viene representado por una fuente alterna de corriente con un condensador en paralelo, elementos que permiten emular el comportamiento del fotodetector pero que en ningún caso representan al modelo real del fotodiodo.

En general OrCAD suele contener en su librería una gran cantidad de huellas de un gran número de componentes. La huella del fotodetector *SFH250* al tratarse de un encapsulado adaptado a la conexión con la fibra óptica, no estaba contenida en las librerías del programa. La aplicación de *OrCAD Layout Library manager* permite al usuario diseñar cualquier huella que desee, por lo que se realizó la huella correspondiente al componente *SFH250*.

3. Circuito de detección óptico

Para asociar la huella del fotodetector se tiene que utilizar un componente que se encuentre en la misma posición en la que lo hace el fotodiodo (la posición del fotodiodo se conoce por la posición del ánodo y el cátodo de este), de esta manera se puede orientar la posición del componente dentro del circuito. Se emplean huellas *jumper200* en cada uno de los dispositivos que necesitan otro tipo de huella o bien representan *inputs/outputs* del circuito.

Los *jumper* indican conexiones externas a través de cables que se unen directamente desde el dispositivo a la parte correspondiente de la placa.

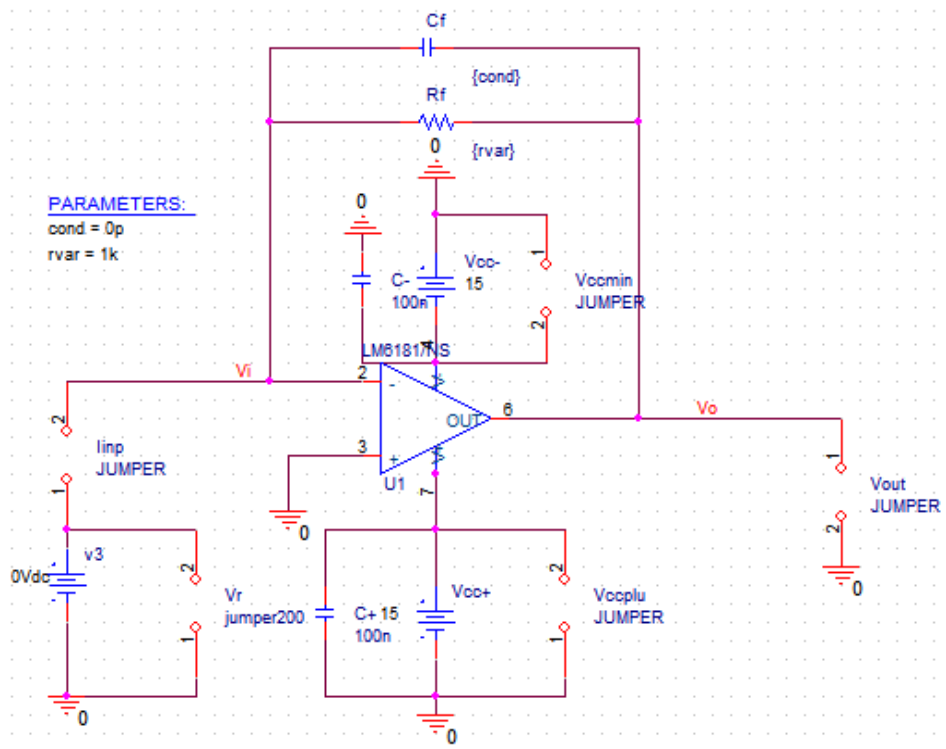


Fig 15. Acondicionamiento del circuito para su trabajo en Layout.

Las huellas asociadas a cada uno de los componentes son las siguientes:

- **Fuente de corriente alterna y condensador paralelo.** Se ha sustituido por un *jumper* al que se le asocia la huella del fotodiodo *SFH250* diseñada.
- **Fuentes de corriente continua.** Se añaden conectores *jumper*, pues la alimentación continua viene directamente de cables entre las pilas y la placa o la fuente de tensión continua a esta.

5. Circuito de detección óptico.

- **Condensadores de desacoplo.** La simulación en OrCAD trata algunos elementos de forma ideal, esto ocurre con las tensiones de corriente continua que alimentan el amplificador, o el propio amplificador. Es necesario añadir condensadores de desacoplo con el fin de de eliminar las señales de alta frecuencia que puedan afectar al resultado de la señal.
- **Resistencias.** Se selecciona la huella según el tamaño de la resistencia.
- **Amplificador.** Al tratarse de los dispositivos *LM6181* y *OPA380*, ambos coinciden en la distribución de sus pines y en el encapsulado, por lo que usan la misma huella.

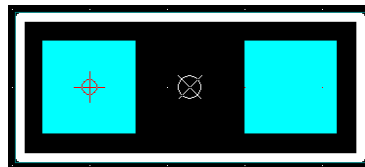
Huellas empleadas.

Las huellas utilizadas están sacadas directamente de las librerías de OrCAD[10], contienen las huellas iniciales y las nuevas diseñadas por el usuario:

- **Vccmin, Vccplu, Vout, Vr :** JUMPER200.
- **LM6181, OPA380:** SOG.050/8/WG.244/L.200.
- **Rf:** SM/R_1206.
- **Cf , C-,C+:** RAD/CK05.
- **linp:** SFH250.

Huella Rf.

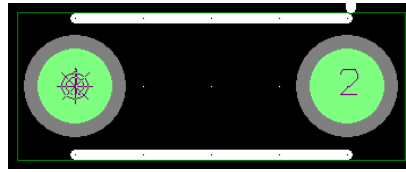
Para la resistencia de alimentación se utiliza un modelo de montaje superficial cuya huella será por dimensiones la siguiente:



Huella Cf.

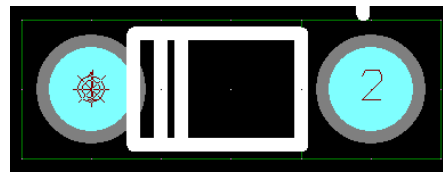
Al margen del material del material del que esten hechos los condensadores (salvo que sean de montaje superficial) su huella únicamente se caracteriza por la distancia entre sus pines de conexión.

3. Circuito de detección óptico



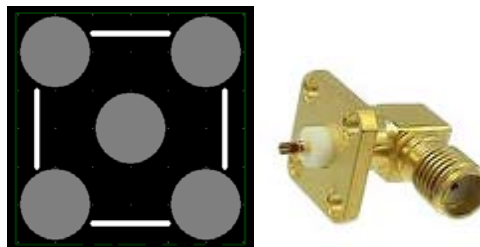
Huella **JUMPER200**.

Las huellas del *jumper* representan la localización de las conexiones para alimentar un dispositivo o la placa misma. A estas huellas se les puede acoplar una conexión *jumper* o simplemente soldar los cables directamente en el hueco que corresponda.



Huella para **Vo**.

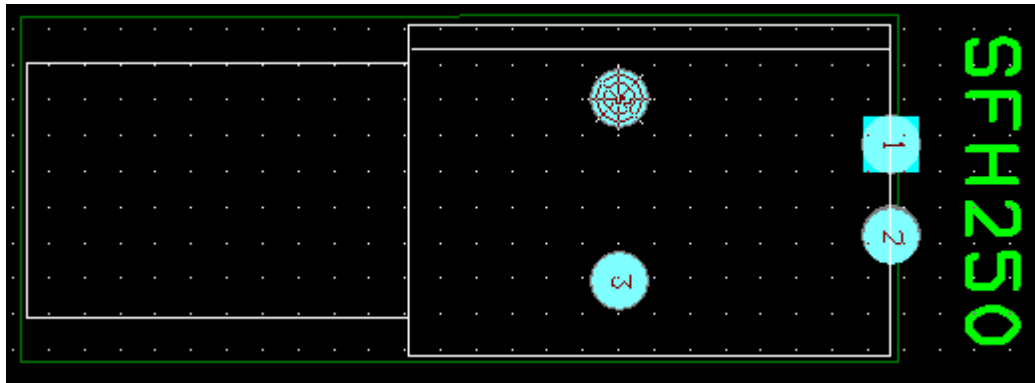
Con el fin de hacer una medida mucho más precisa y mejorar la conexión de los dispositivos, se ha acoplado un conector hembra *SMA* a la salida del circuito receptor. Para ello se utiliza la siguiente huella:



Huella **SFH250**.

EL diseño de esta huella se ha realizado a partir de las medidas obtenidas de la hoja de características de este componente, véase *Anexo 8.4*. Se tiene que prestar atención extra a la numeración de las patas para que la conexión coincida con las patas asociadas del *jumper*.

5. Circuito de detección óptico.



Huella LM6181-OPA380.

Se tiene que tener en cuenta la enumeración de los pines de cada uno de los amplificadores por lo que se tiene que consultar su distribución a partir de sus hojas de características, adjuntada en el *Anexo 9.4*:

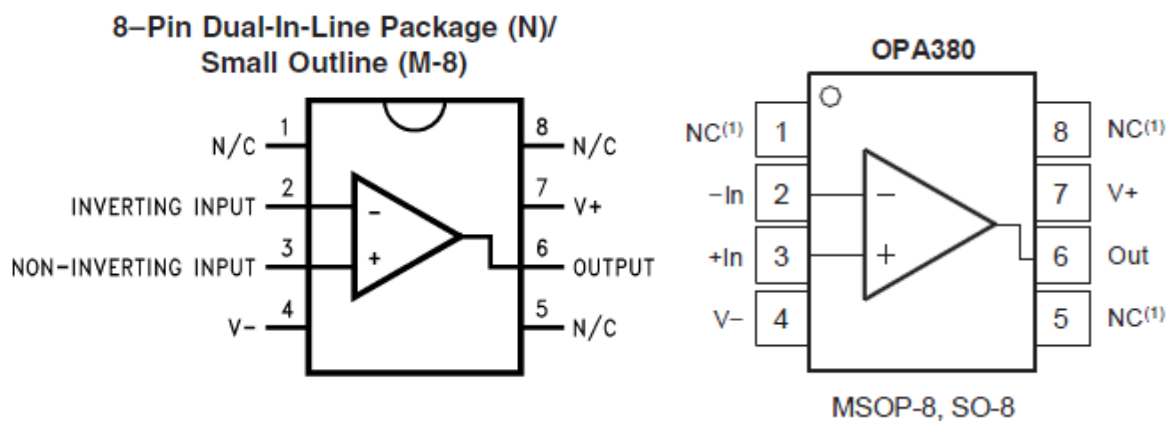
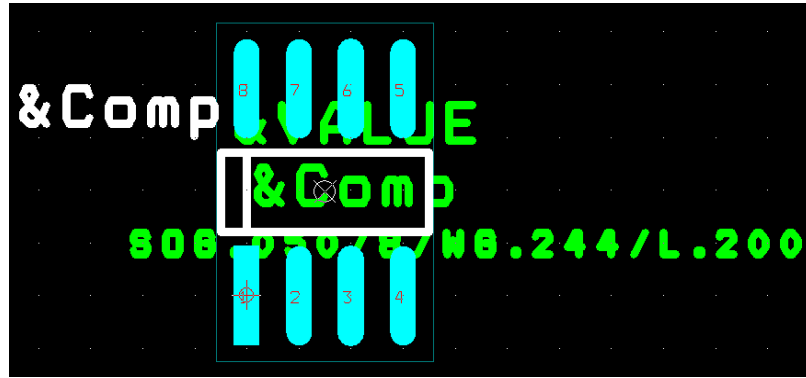


Fig 16. Distribución de los pines para el LM6181 y el OPA380.

Es necesario recordar que aunque el significado de los pines sea análogo en ambos dispositivos, el diseño completo del circuito al que pertenecen es diferente, en concreto, para cada uno de los circuitos a los que pertenecen cambia la posición del fotodetector. Esta característica se aprecia más adelante. La huella asociada a este dispositivo es la siguiente:

3. Circuito de detección óptico



Estructura del circuito impreso completo.

Una vez que se tienen todas las huellas de los dispositivos asociados correctamente se procede a su situación de manera que facilite la distribución y manipulación de la placa, algunos consejos de distribución son que las conexiones de alimentación de los *jumpers* deben estar situados al borde de la placa, y que la disposición de los componentes favorezca al enrutado de las pistas.

El enrutado de las pistas se realiza en dos capas, una primera capa llamada *TOP* y otra *BOTTOM*. La primera lleva las pistas de conexión entre los dispositivos, mientras que la segunda posee un plano de masa.

Observar en la *Fig 17* que, independientemente del modelo de placa, parte de la huella del fotodetector se encuentra fuera de las dimensiones de la placa, la intención de situar así este dispositivo es permitir girar la rosca que aloja la fibra óptica de manera que no entorpezca este movimiento.

Las características de la placa son las siguientes en mils:

- Dimensiones: W1100 –L1400.
- Dimensiones Nets : Alimentación (20) , Restantes (15).
- Drill: 38.

Modelo LM6181.

El diseño de la placa para el LM6181 sigue el diseño especificado en la hoja de características del dispositivo. En la siguiente imagen se puede observar la posición de las tensiones de alimentación del amplificador, que siguen una distribución simétrica, así como se puede ver la posición del fotodiodo de tal manera que el cátodo este conectado a tierra o , en su defecto, a una fuente de tensión orientada para aplicar una tensión inversa al dispositivo.

5. Circuito de detección óptico.

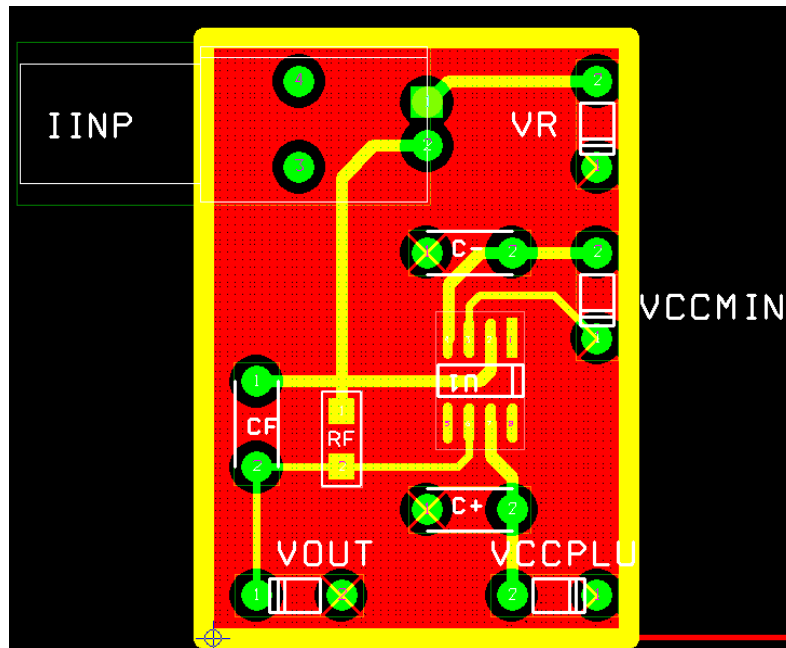


Fig 17. Placa para el dispositivo LM6181.

La construcción de la placa se ha llevado a cabo por los técnicos de laboratorio de la Universidad Carlos III, mientras que las soldaduras de los componentes se realizaron con soldador eléctrico y estaño. Como se menciona anteriormente, a la posición de los jumpers se les conectó cables de cobre de 0.5mm de diámetro, exceptuando el jumper de salida, el cual posee acoplado un conector *SMA* hembra para facilitar la conexión con la tarjeta de adquisición PDA14.

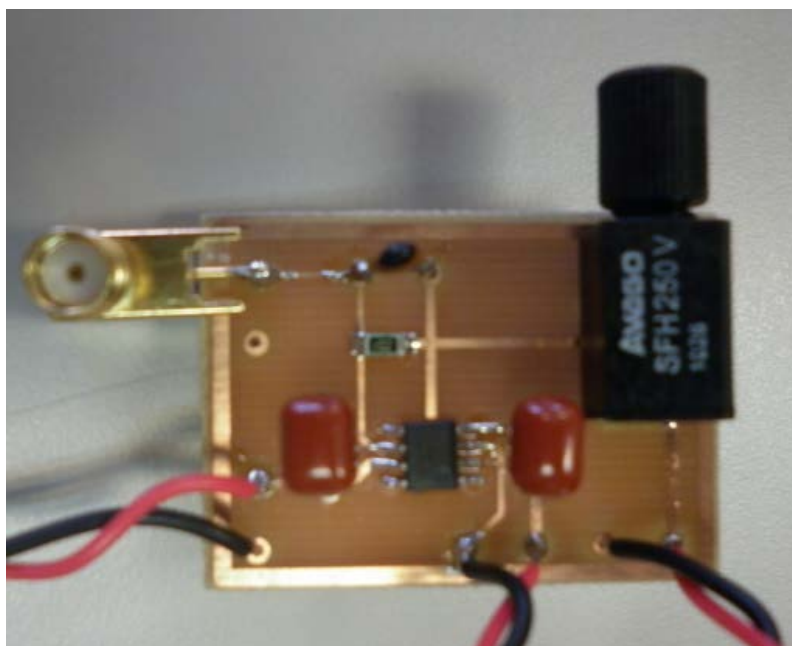


Fig 18. Placa final LM6181.

3. Circuito de detección óptico

En la Fig 19 se puede observar el acoplamiento del conector *SMA* a la salida del circuito, concretamente la conexión se realiza a través del jumper que originalmente se estableció en el diseño del modelo. Después de este detalle, se sustituyó el *jumper* de salida por la huella en OrCAD de la base del conector *SMA*, con el fin de hacer mucho más precisa las conexiones del circuito. Esta modificación se aplicó en el circuito con el modelo del OPA380.

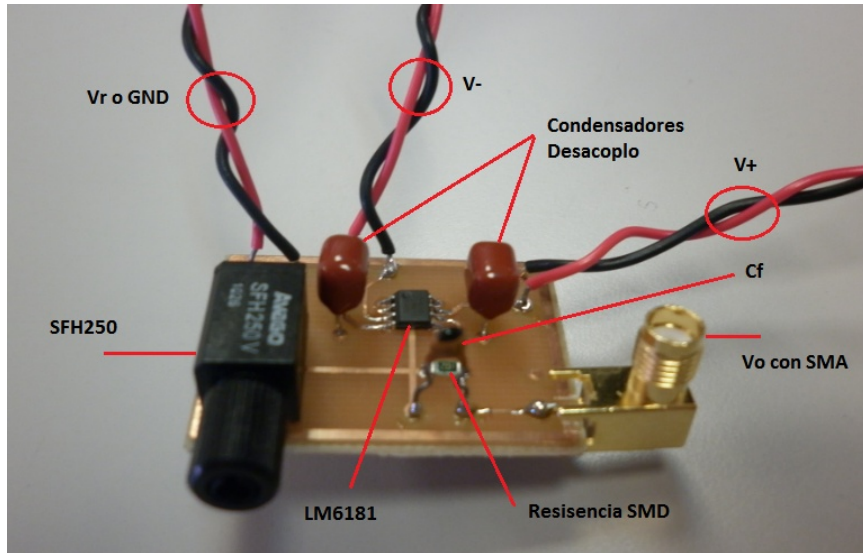


Fig 19. Partes del circuito para el modelo LM6181.

Modelo OPA380.

Para diseñar la placa con el amplificador OPA380, se tiene en cuenta el pin out presente en su hoja de características. Aunque las dimensiones y el pinaje son parecidos a los del modelo anterior, rasgo por el cual el amplificador utiliza la misma huella, las conexiones de los componentes son diferentes. Las diferencias principales son: la conexión inversa de los pines del fotoreceptor, la alimentación del amplificador, siendo una alimentación asimétrica de +5V y tierra, y por último la introducción de la huella del componente *SMA* para el conector a la salida del circuito.

5. Circuito de detección óptico.

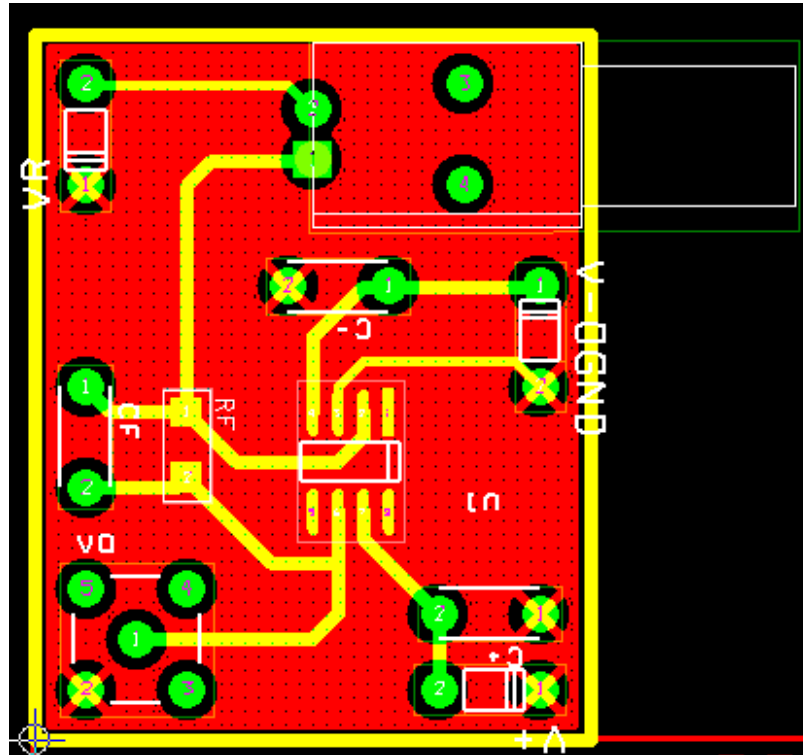


Fig 20. Placa para el dispositivo OPA380.

Una vez realizado e impreso el diseño de la placa, se realizó el proceso análogo al modelo anterior, es decir, se procedió a la soldadura de los componentes, fijando la posición correspondiente y añadiendo los cables para los terminales de alimentación y tierra del circuito.

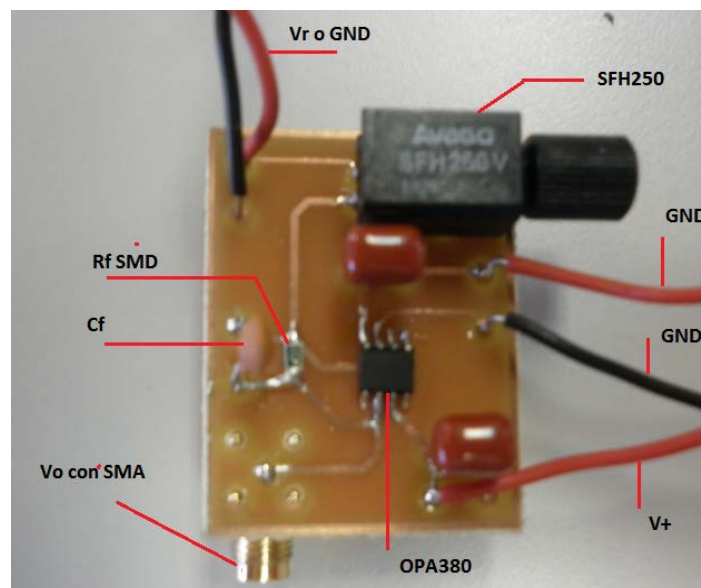


Fig 21. Placa final OPA380.

4 Transmisión de la señal a través de fibra óptica.

La transmisión de la señal a través de fibra óptica se lleva a cabo en la parte que se conoce como sonda óptica, formada por un bloque de transmisión y detección. El bloque de detección se ha desarrollado en el capítulo 3, mientras que el resto de la circuitería se desarrolla lo largo del capítulo. La estructura de desarrollo es análoga a la aplicada con el bloque de detección, empezando por la elección de los componentes, el diseño de los esquemas electrónicos del circuito y estudio del problema y construcción de la placa.

Las pruebas realizadas al final del capítulo emplea el bloque de transmisión, la fibra óptica y el circuito de detección.

4.1 Selección de componentes.

La selección de los componentes debe realizarse atendiendo a las características generales del SAD propuesto, contempladas en el capítulo 2, y de su situación dentro de la circuitería de la sonda. Existen componentes de carácter general que no son específicos de un circuito en concreto.

Resistencias

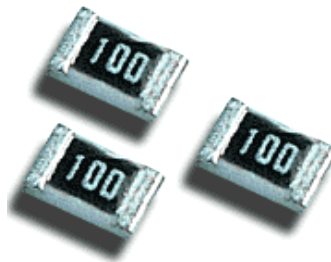


Fig 22. Resistencias SMD.

El trabajo a altas frecuencias supone un problema en la selección de componentes; el uso de una resistencia inadecuada para esta función puede suponer un modelo muy diferente del buscado, introduciendo **capacidades e inductancias parásitas** muy problemáticas para el correcto funcionamiento del circuito.

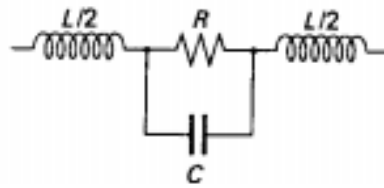


Fig 23. Modelo resistivo a altas frecuencias.

Con el fin de evitar este tipo de modelos a altas frecuencias y obtener valores parásitos más despreciables así como comportamientos resistivos mucho más precisos, se emplean resistencias de tecnología **SMD (Surface Mount Device)**.

Condensadores.

Este elemento capacitivo desempeña la función de condensador de acoplo, es decir, permite bloquear la tensión continua o valores de tensión a baja frecuencia, y deja pasar únicamente la tensión alterna (dependiendo del valor del condensador, así será su frecuencia de corte). El valor del condensador buscado depende de los parámetros discutidos en el apartado 3.2.1, pero su valor es del orden de μF , por lo que se utilizan condensadores de estructura electrolítica.



Fig 24. Condensadores electrolíticos.

Alimentación de los circuitos.

Para las pruebas de funcionamiento del circuito completo se emplea una fuente de tensión continua *Protek 3033B*, con 3 tomas de tensión continua, dos de ellas proporcionan valores de hasta 30V dependientes o independientes entre sí y una restante independiente de 5V constantes. El empleo de tensión continua es imprescindible para el correcto funcionamiento del circuito, pues permite situar el punto de trabajo del fotodiodo, alimentar el módulo láser y los distintos circuitos receptores.

Debido a la disponibilidad de estas fuentes en el laboratorio, se prescinde del uso de pilas portátiles, pero su uso se puede llevar a cabo si la tensión que suministran cumple con las características de alimentación de los dispositivos en cuestión.

4.1.1 Componentes del circuito emisor LED.

Este primer modelo del circuito emisor utiliza una configuración basada en la polarización del diodo por medio de una resistencia fija que sitúa su punto de trabajo en la zona adecuada. La funcionalidad del circuito se puede representar con el siguiente esquema:

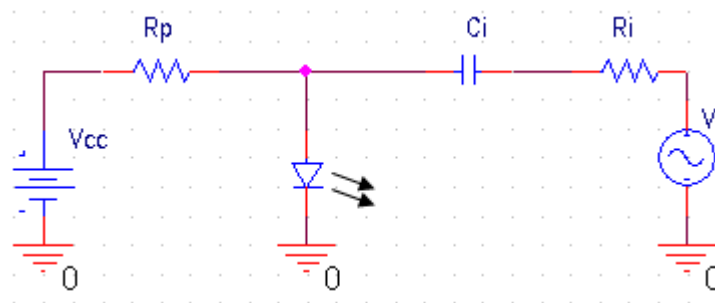


Fig 25. Esquema circuito emisor.

Aunque a lo largo de este capítulo no se realiza ningún tipo de cálculo que explique la funcionalidad del circuito, es necesario mencionar ciertos valores que condicionan de forma directa la elección de un componente u otro, como el trabajo a altas frecuencias o los valores de tensión de entrada.

Emisor LED.

La utilización de un dispositivo emisor LED permite la transmisión de la señal recibida del sensor a través de la fibra óptica de plástico. Este componente supone la salida del circuito de emisión y a su vez, el punto de unión entre éste y el circuito receptor. Las características principales del dispositivo buscado son:

- **Respuesta en altas frecuencias.** Se buscan fotodiodos que respondan a frecuencias altas (20MHz), con tiempos de subida y bajada pequeños.
- **Eléctricas.** Las características eléctricas de funcionamiento del dispositivo deben ser de valores que se puedan simular y con los que se pueda trabajar (corriente, tensión, temperatura,...).
- **Ópticas.** Contemplar la relación potencia lumínica-corriente, longitudes de onda en torno a 650nm u observar el espectro luminoso al que trabaja el emisor LED.
- **Otras: Encapsulado.** La transmisión de los datos se realiza a través de *fibra* óptica, por lo que es más cómodo utilizar encapsulados que permitan acoplar la conexión de la fibra al dispositivo de forma sencilla. Con este modelo se abandona la estructura convencional de un diodo LED que para esta configuración resulta más imprecisa.

Atendiendo a estas características y a otros datos de interés del fabricante, se opta por la utilización del emisor LED **SFH756**. Decisión relacionada con el estudio realizado por el fabricante *Infineon* [2] en el que se recomiendan diferentes configuraciones de elementos emisores-receptores ópticos.

A continuación se muestran algunas de las especificaciones dadas por el fabricante, las cuales han servido como consejo para la elección de la pareja de dispositivos emisor-receptor.

En la Fig 26 aparecen algunas de las características del emisor LED (**SFH756**) como la longitud de onda (650nm) y el tiempo de respuesta del dispositivo (100ns).

El dispositivo **SFH250** es el encargado de recibir la señal a través de la fibra óptica. El fabricante indica frecuencias de trabajo máximas de 100MHz.

4. Transmisión de la señal a través de fibra óptica

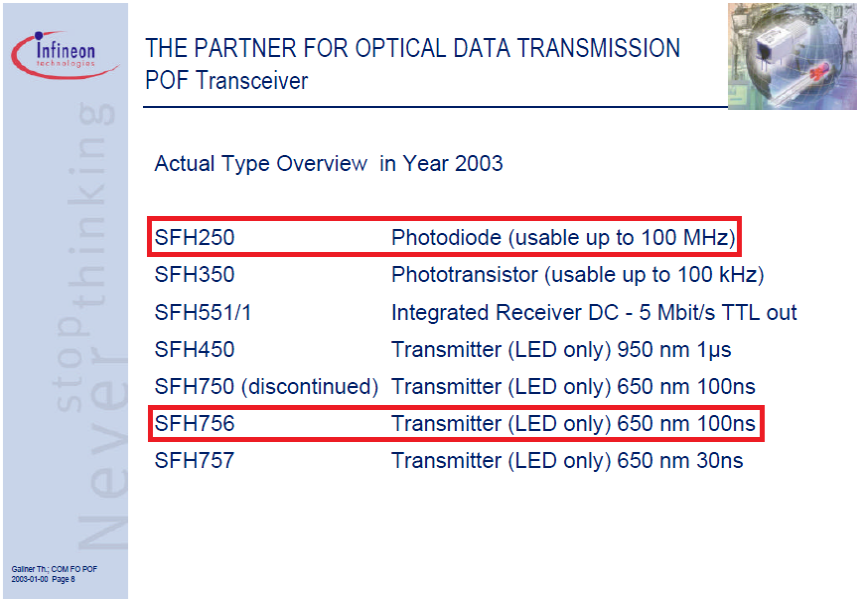


Fig 26. Características de la pareja elegida para la transmisión óptica.

La Fig 27 muestra la tabla diseñada por el fabricante *Infineon* que sitúa la pareja de dispositivos de transmisión y recepción según el tipo de aplicación buscada.

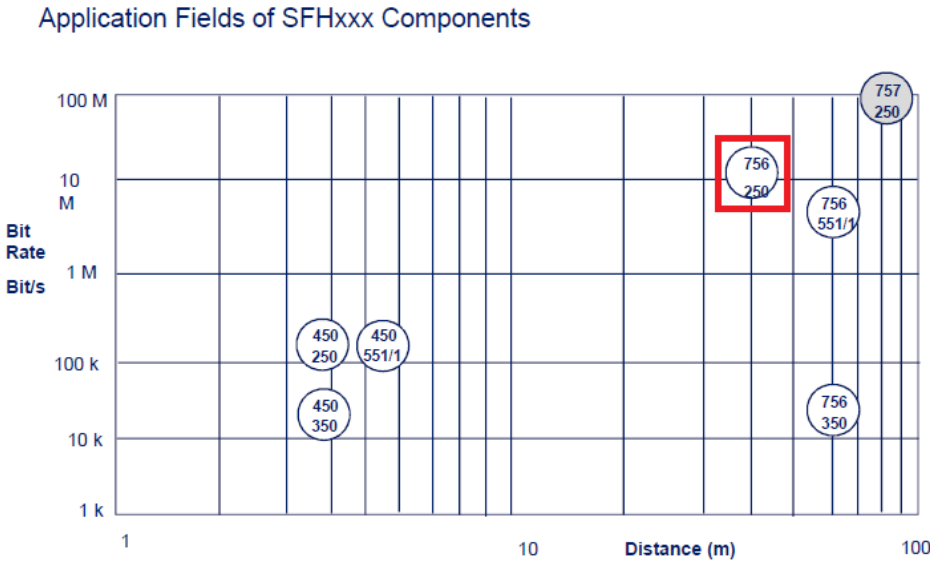


Fig 27. Rangos de trabajo de la pareja de dispositivos ópticos emisor-detector.

Las características del SAD propuesto sitúa como elementos idóneos la pareja de dispositivos **SFH756 – SFH250**. A continuación se analiza el elemento transmisor **SFH756**, haciendo referencia a su hoja de características (véase Anexo 9.4).

Hoja de características del SFH756.

1. **Respuesta a altas frecuencias.** Sus tiempos de cambio indican el trabajo de este dispositivo para frecuencias de 10MHz.

Switching Times ($R_G = 50 \Omega$), $I_{F(Low)} = 0.1 \text{ mA}$, $I_{F(High)} = 50 \text{ mA}$ 10% to 90% 90% to 10%	t_R t_F	0.1 0.1	μs
---	----------------	------------	---------

2. **Características eléctricas.** Valores de alimentación que pueden ser llevados a la práctica.

Forward Current	I_F	50	mA
Forward Voltage ($I_F = 50 \text{ mA}$)	V_F	2.1 (≤ 2.8)	V

3. **Características internas.** Consideración del valor capacitivo del dispositivo para respuestas del circuito a altas frecuencias (*véase apartado 3.2.1*).

Capacitance ($f = 1 \text{ MHz}$, $V_R = 0 \text{ V}$)	C_O	30	pF
---	-------	----	----

4. **Características ópticas.** La longitud de onda de la luz que emite y la potencia lumínica generada a una determinada intensidad son características a tener en cuenta.

Peak Wavelength	λ_{Peak}	660	nm
Output Power Coupled Into Plastic Fiber ($I_F = 10 \text{ mA}$) ¹⁾	Φ_{IN}	200 (≥ 100)	μW

Con esta última exposición de las características del dispositivo emisor, se concluye la elección de los elementos que forman este primer modelo de circuito emisor.

4.1.2 Módulo Láser.

La segunda versión del circuito emisor emplea un módulo láser semiconductor [3][6] como dispositivo de transmisión de la señal, más complejo y compacto que el componente SFH756. Este dispositivo es capaz de realizar la función principal de modulación y transmisión de la señal empleando un diodo láser, además de poseer un circuito de protección interno.

El módulo láser empleado es el modelo V9323 de la hoja de catálogo de RS. Atendiendo a la hoja de características de este dispositivo se pueden mencionar algunas características de alimentación y ópticas.

- **Características de conexión.** El V9323 permite modular cualquier forma de onda analógica y digital. Posee un terminal para llevar a cabo un posible trabajo con modulación TTL.
- **Características del módulo.** Trabaja con una longitud de onda establecida en 670nm. La banda de frecuencia de la señal modulada se sitúa entre 100Hz y 50MHz.

4.2 Diseño y desarrollo de la etapa de transmisión óptica.

La primera parte del sistema comprende el circuito emisor, diseñado para desempeñar dos tipos de funciones:

- Recibir la señal enviada por el sensor.
- Enviar esta señal a través de la *fibra* óptica.

Al tratarse de una parte bien diferenciada e independiente, se puede realizar un análisis completo y singular, sin necesidad de tener cálculos previos o depender de parámetros ajenos; únicamente estableciendo los datos de entrada se puede obtener una respuesta de salida y así una caracterización funcional del circuito.

Existe un rasgo de gran importancia, presente de principio a fin en el SAD propuesto: la velocidad de transmisión o frecuencia de trabajo del sistema. En capítulos anteriores se mencionó el trabajo a frecuencias altas, alcanzando un valor máximo de 50MHz, pero la puesta en la práctica estará orientada a frecuencias en el rango entre 100Hz y 20MHz.

Atendiendo al criterio de la frecuencia de trabajo, se ha orientado el desarrollo del circuito emisor según dos tipos de rango de frecuencias. Por una

parte para valores moderados (1-3MHz) se han desarrollado unos elementos de protección, acondicionamiento y emisión utilizando el dispositivo **emisor LEDSFH756** (propuesta más económica).

Por otra, para el trabajo a velocidades más altas (desde 3MHz hasta 20MHz) se ha empleado un **módulo láser semiconductor**.

A continuación se presenta el estudio y análisis para desarrollar el circuito emisor empleando un dispositivo emisor LED. En el caso del láser, al tratarse de un dispositivo compacto e integrado con diferentes circuitos para su funcionamiento, se hace mención a sus características principales y al acoplo de un circuito de protección.



Fig 28. Diferentes encapsulados LED (izquierda) y un módulo láser (derecha).

4.2.1 Emisor LED.

Circuito básico con emisor LED.

Esta primera versión consta de un diseño sencillo que une dos circuitos diferentes. La primera parte del circuito trata de alimentar y polarizar el fotodiodo, estableciendo su punto de trabajo idóneo (1). Por otra parte, a través de un condensador de acoplo se introduce la señal a transmitir a través del dispositivo SFH756 (2).

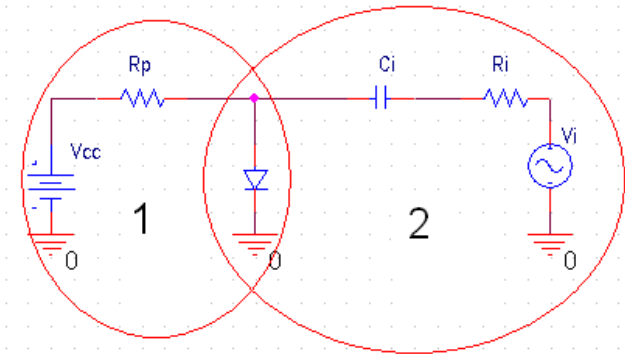


Fig 29. Esquema básico del circuito emisor LED.

La máxima prioridad de este circuito consiste en **alimentar** y **proteger** al componente emisor. Para ello se consultan sus valores de alimentación y funcionamiento consultando la hoja de características del SFH756 (Véase anexo 9.4).

Para su puesta en funcionamiento se deben saber cuales son sus parámetros de alimentación. Así se observarán los valores de corriente y tensión máximos y de trabajo.

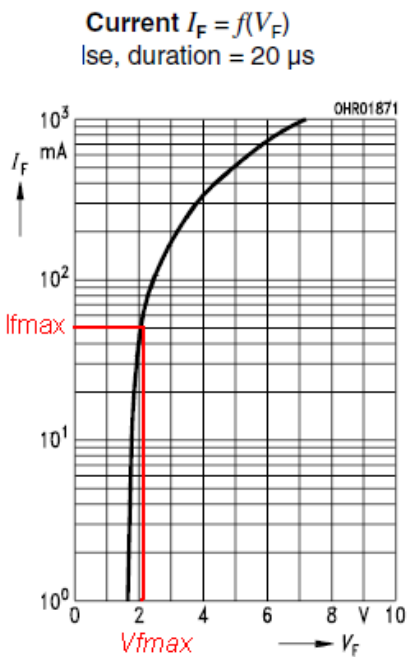
Forward Current	I_F	
-----------------	-------	--

Corriente máxima admitida por el dispositivo: $I_{fmax}= 50mA$.

Forward Voltage ($I_F = 50\text{ mA}$)	V_F	2.
--	-------	----

Tensión correspondiente a I_{fmax} : $V_{fmax}=2.1V$.

A partir de su curva característica se pueden obtener también sus valores de tensión máxima correspondientes a la intensidad máxima (este valor no comprende el máximo



que soporta el dispositivo, sino su correspondiente valor a la intensidad indicada anteriormente).

Se puede observar que sus valores máximos están situados en torno a 1A y a 8V.

La linealidad del Emisor (LED) es cada vez menos pronunciada según se aumenta la corriente, en consecuencia, los valores de resistencia interna del diodo R_d cambian significativamente.

Para tener alimentado y protegido el dispositivo, se analizan los valores de tensión y corriente de los parámetros característicos del circuito eléctrico en su funcionamiento en continua (DC) y en señal (AC).

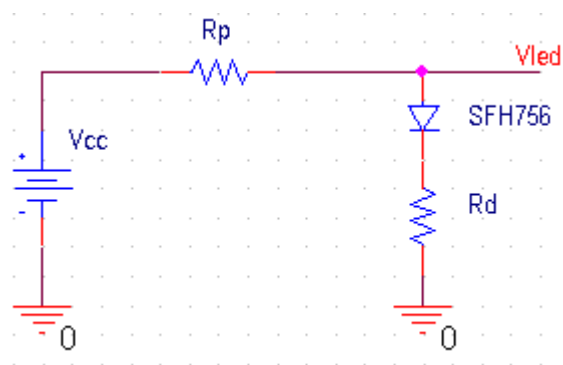
Análisis del circuito en continua (DC).

Para el análisis de la resistencia de protección R_p se fijan una serie de valores de tensión y corriente. Suponemos que:

- Tensión de alimentación: $V_{cc}=5V$.
- Tensión de funcionamiento LED: $V_{led}=2.1V$.
- Corriente a través del diodo: $I_d=25mA$.

La resistencia interna del diodo R_d es irrelevante en este caso, pues se está operando con la tensión V_{led} , La resistencia de protección del circuito se obtiene con la siguiente operación:

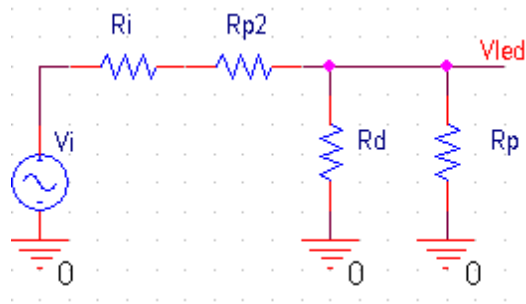
$$R_p = \frac{(V_{cc} - V_{led})}{I_d} \geq 116\Omega$$



Para conseguir estos datos de alimentación se necesita una resistencia de protección de 116Ω . Dependiendo de los parámetros que se mantengan constantes se podrá variar el resto de las características eléctricas del circuito.

Análisis del circuito en señal (AC).

A continuación se va a analizar la respuesta del circuito ante la entrada de una señal alterna que emulará la señal emitida por el sensor. El circuito equivalente está compuesto por una parte que modela el comportamiento de un generador de funciones (V_i y R_i), la representación en pequeña señal del diodo (R_d) y la fuente de tensión continua (se representa como un cortocircuito a tierra).



- R_{p2} : Esta resistencia tiene como objetivo modificar los valores de V_{led} y I_d a otros buscados.
- R_i : Resistencia interna fija de la fuente de tensión alterna, con valor en torno a los 50Ω .
- I_i : El valor de esta intensidad se obtiene suponiendo $R_d=84\Omega$ (para valor de $I_d=25mA$ y $V_{led}=2.1V$) y $R_p=116\Omega$. Con estos datos y fijando una tensión máxima de caída en el diodo $V_{led(alterna)}=2.1V_p$, se obtiene el valor de esta corriente.

$$I_i = \frac{V_{led}}{R_d // R_p} = 43mA_p$$

A partir de los datos anteriores y suponiendo la tensión de llegada del generador de funciones inferior o igual a $5V_p$, se obtiene el valor de la resistencia de protección del circuito alterno.

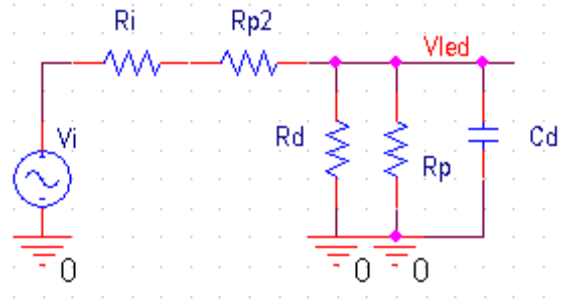
Para: $V_i=5V_p$, $I_i = 43mA_p$ y $V_{led}=2.1V_p$

$$R_{p2} = \frac{(V_i - V_{led})}{I_i} - R_i \geq 67.4\Omega$$

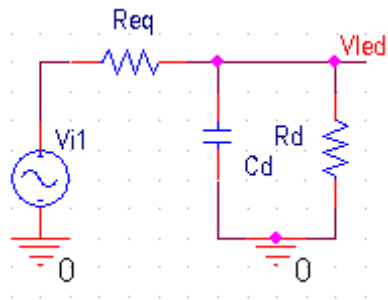
Por otro lado se tiene en cuenta el efecto del condensador interno del propio Emisor LED que está en paralelo con la resistencia interna. El modelo resultante sería el siguiente:

Capacitance ($f = 1 \text{ MHz}$, $V_R = 0 \text{ V}$)	C_o	30	pF
---	-------	----	----

- Condensador interno del diodo: $C_d = 30 \text{ pF}$.



Si se realiza la sustitución de $R_i + R_{p2} = R_{eq}$ y el paralelo de R_d y R_p se representa con la resistencia R_d' (el valor de R_d suele ser bajo, por lo que el paralelo es aproximadamente R_d en algunos casos) se tiene un circuito paso bajo con resistencia situada en la salida.



Hallando la función de transferencia se puede obtener la ganancia del circuito y su ancho de banda:

$$\frac{V_{led}}{V_i} = \frac{\frac{R_d}{R_d + R_{eq}}}{1 + \frac{j\omega C_d R_d R_{eq}}{R_d + R_{eq}}} \quad (1)$$

$$f = \frac{R_d + R_{eq}}{2\pi C_d R_{eq} R_d} \quad (2)$$

La ecuación 1 indica la ganancia del circuito, mientras que la ecuación 2 indica la frecuencia de corte para la cual la ganancia de nuestro circuito empezaría a disminuir.

Para los valores determinados anteriormente la frecuencia de corte del circuito está situada según la resolución de la ecuación 2:

$$f = 153 \text{ MHz}$$

Como conclusión el efecto del condensador parásito del diodo sitúa un polo a una frecuencia bastante más alta que la de trabajo, por lo que este componente parásito interno no limita de forma aparente el funcionamiento del circuito para las que inicialmente está diseñado.

Montaje del circuito emisor LED.

El pensamiento de una alternativa económica capacitada para realizar las funciones de un circuito de emisión empleando un dispositivo LED, ha llevado al desarrollo de una placa económica, práctica, de rápido montaje y de utilización inmediata. Por eso la parte que corresponde al montaje de la parte emisora del SAD propuesto, se ha llevado a cabo utilizando una placa de cobre perforada, esta alternativa permite saltarse los procesos de diseño y manufacturación del circuito, centrándose en la soldadura de los componentes y su inmediata utilización dentro del complejo del sistema.

Así pues el posicionamiento de los componentes se ha realizado atendiendo al diseño de la Fig 29, procediendo a su soldadura y añadiendo tomas de conexión y alimentación.

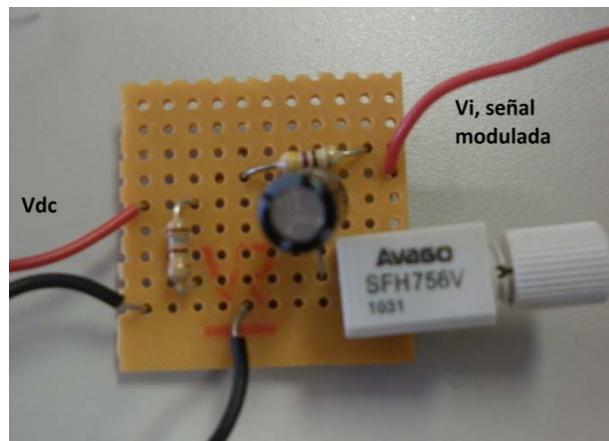


Fig 30. Placa circuito emisor LED.

Se puede observar la presencia de un cable negro cuya función se limita a facilitar la conexión a tierra del osciloscopio. La resistencia superior se ha introducido con el fin de proteger al elemento emisor, pero se acabó prescindiendo de él después de observar que introducía atenuación y ruido a la señal emitida. La conexión entre circuito receptor y emisor se ha realizado a través de la *fibra* óptica como aparece descrito en capítulos anteriores.

4.2.2 Módulo láser.

La utilización del láser como alternativa al circuito emisor LED está orientada a un trabajo a velocidades más altas, si se considera la supresión de los procesos de montaje y selección de dispositivos llevados a cabo en el desarrollo del circuito LED, se está apostando también por la obtención de unos resultados más fiables.

Para preparar la puesta en funcionamiento y evitar averías prematuras en el dispositivo, es necesario la consulta de las características y tablas expuestas en su hoja de características [3][5][6].

Valores de alimentación y potencia.

A continuación se muestran algunos de los valores de alimentación y potencia que son necesarios tanto para el funcionamiento del dispositivo como para análisis posteriores.

Maximum power output	1	3	3	mW
Operating voltage	-8 to -12			V
Typical operating current at minimum voltage	75	85		mA
Typical operating current at maximum voltage	110	115		mA

Conexiones.

El módulo láser posee seis cables de cobre que habilitan varias funciones. Cada uno de los terminales y su valor para un funcionamiento determinado.

Connections	250mm flying leads	
Black lead	-ve supply	
Green lead	0	V
Blue lead	TTL disable	
White lead	interlock	
Yellow and green twisted pair	modulation input	

- **Black Lead:** El valor de alimentación inversa del dispositivo está situado entre -8V y -12V siendo su valor máximo -12'7V. Para asegurar el dispositivo se ha utilizado un simple elemento de protección que protege al circuito ante tensiones positivas.
- **Green Lead:** Conexión a 0V.

- *Blue Lead*: El terminal azul se utiliza para habilitar la modulación TTL. Para el funcionamiento dentro del circuito emisor y atendiendo al objetivo principal del proyecto este terminal es inútil, por lo que no se asocia ningún valor.
- *White Lead*: Tampoco se ha trabajado con el enclavamiento del láser, por lo que el terminal está puesto a tierra, requisito necesario para habilitar el funcionamiento del láser.
- *Yellow and greentwistedpair*: Por último el par de cables trenzados están conectados a la salida del sensor y representan la entrada de la señal modulada del láser. Esta señal no debe superar los 7V ni -1V. El fabricante sugiere un valor de 500mVpp para evitar sobrecalentamientos.

Protección del láser.

El fabricante indica que el módulo láser V9323 con el que se trabaja no posee ningún tipo de protección frente a tensiones positivas. Para evitar estropear este componente se introduce un elemento de protección sencillo que consta de un diodo puesto en inversa, de esta manera se consigue que el diodo actúe como circuito abierto ante tensiones positivas y como cortocircuito ante negativas.

El diodo seleccionado es el modelo 1N4148. El régimen de funcionamiento está situado en continua, por lo que las características a tener en cuenta se centran únicamente en sus valores de tensión y corriente, así cuanto mayor valor soporte, mejor será la protección que ofrece.

La protección además cumple con una serie de ventajas adicionales a su función principal. Aunque el circuito emisor formado por el módulo láser viene casi completo, se ha realizado una serie de modificaciones y adaptaciones que facilitan su conexión así como su manipulación. En este caso se tienen dos partes claramente diferenciadas: por un lado se tiene el módulo láser con sus terminales al aire, y por otra la protección formada por el diodo.

Modificación 1: El objetivo de esta modificación es facilitar la manipulación del módulo láser, para ello se emplea una fila de *jumper*s que esta soldado en los extremos de los terminales. De esta manera, los terminales están localizados de forma ordenada, evitando enredos y a su vez facilitando la conexión.

4. Transmisión de la señal a través de fibra óptica



Fig 31. Incorporación de jumpers a los terminales del láser.

Además se ha procedido a desarrollar una placa que facilitara la conexión de cada uno de los terminales con el resto de aparatos de medida y de alimentación. La construcción de la placa es sencilla, utilizando una placa de cobre perforada se introducen elementos de conexión estándar (bananas para la conexión con la fuente de continua, o un conector *BNC* hembra para facilitar la conexión con el generador de funciones). De esta manera se acerca más al modelo de conexión *plug and play*, obteniendo más fiabilidad en el montaje.

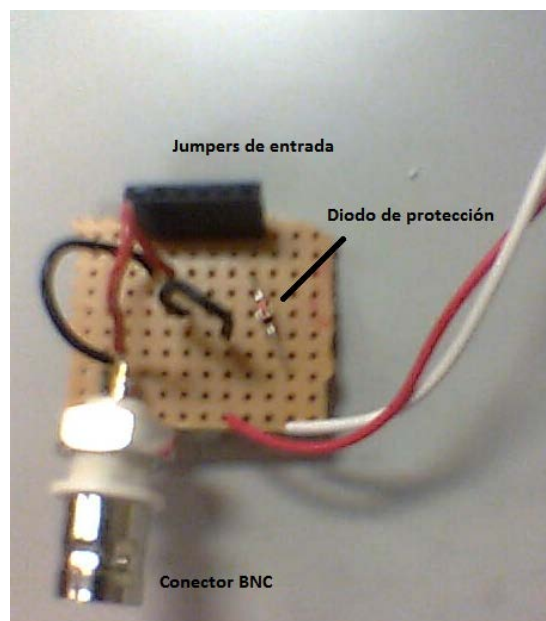


Fig 32. Placa de conexión láser-instrumentación.

4. Transmisión de la señal a través de fibra óptica

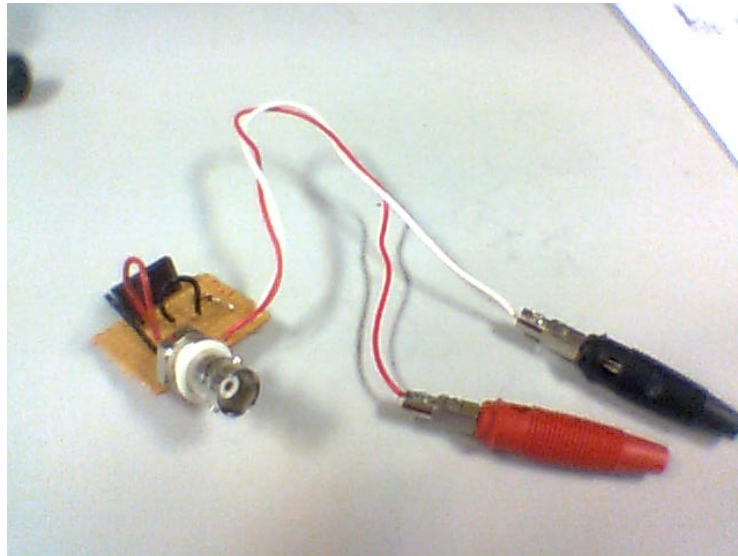


Fig 33. Vista completa de la placa.

Modificación 2: La modulación de los datos a través del láser necesita de una precisión extra, de forma diferente al circuito emisor LED, es necesario situar la fibra óptica y el láser sobre un soporte que permita alinear la luz infrarroja, de tal manera que se aproveche la mayor cantidad de potencia lumínica. Para solucionar este problema se cuenta con una base de aluminio sobre el que están situados dos soportes; el primero de ellos se encarga de sostener y calibrar el módulo láser, mientras que el segundo fija la fibra óptica.

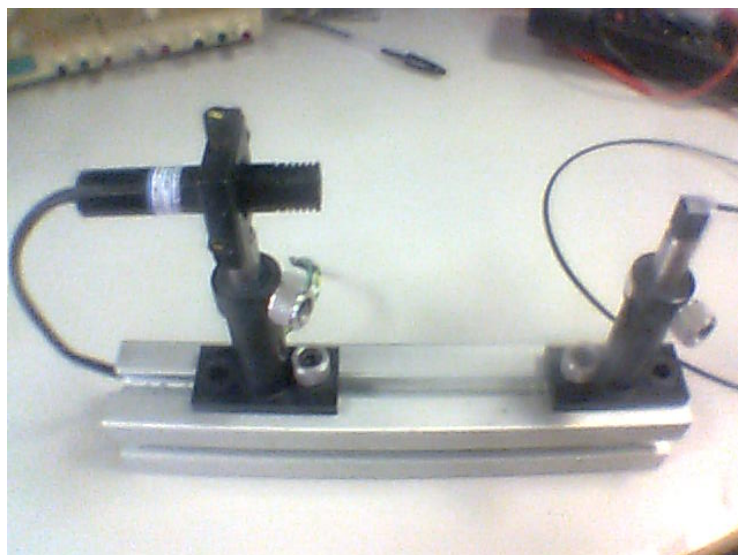


Fig 34. Montaje soporte, alineamiento entre la fibra óptica y la lente del láser.

Modificación 3: El módulo de protección es sencillo de montar. Al tratarse de un único componente (diodo *1N4148*), se ha incorporado en la placa de conexión láser-instrumentación, es decir, entre la conexión negativa $-V_e$ de alimentación del láser y la tensión negativa de la fuente de continua se ha introducido el láser en inversa, de tal manera que se cuenta con la protección incorporada directamente en la placa. Véase Fig 32.

Obsérvese en el Anexo 9.3.1 los fotolitos de configuración tanto de la capa TOP como de la capa BOTTOM, proporcionadas a los técnicos de laboratorio y necesarias para la creación de las placas definitivas.

4.3 Pruebas y resultados del circuito completo.

A continuación se llevan a cabo una serie de pruebas, por bloques y en el conjunto, que proporcionan resultados sobre la funcionalidad de la sonda óptica.

Estas pruebas se realizan utilizando la sonda óptica aislada, sin la parte de gestión y análisis basado en la tarjeta PDA14. Se analizan dos tipos de circuito emisor atendiendo al empleo del componente SFH756 o al módulo láser, así como dos circuitos receptores según el modelo de amplificador que se analice, el OPA380 o el LM6181.

4.3.1 Emisor LED – Circuito LM6181.

En este primer caso se emplea el circuito emisor con dispositivo *SFH756*, fibra óptica y el circuito receptor con ambos modelos de amplificador.

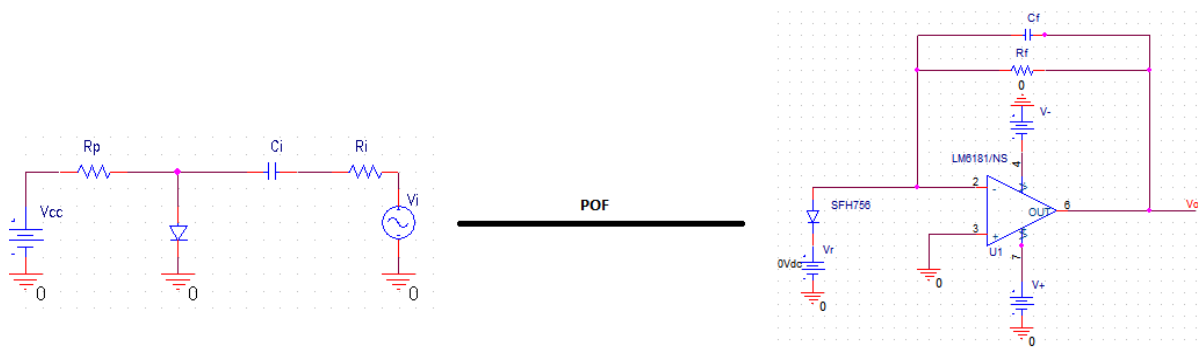
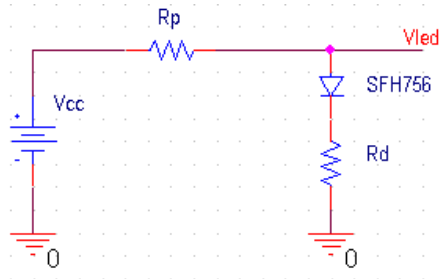


Fig 35. Circuito completo: Emisor LED SFH756 y empleo LM6181.

4. Transmisión de la señal a través de fibra óptica

Primero se alimenta y se sitúa el punto de trabajo Q que interese para, a partir de este, transmitir la señal modulada. Atendiendo a las restricciones de los parámetros de alimentación y protección de los componentes, aspecto que se ha tratado en anteriores capítulos, se procede a fijar los siguientes valores:

- $V_{cc} = 5V$
- $R_p = 179\Omega$



Midiendo se obtiene una $V_{led} = 1.78V$. A partir de estos datos se puede obtener la intensidad que cruza por el fotodiodo:

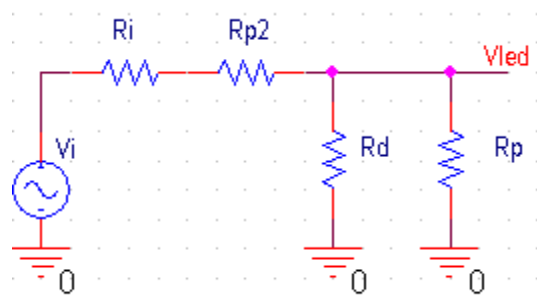
$$I_d = \frac{5V - 1.78V}{179\Omega} = 18mA$$

Estos datos determinan el punto de trabajo del diodo, estableciendo a su vez el margen de trabajo en el que puede moverse sin saturar la señal.

La señal recibida del sensor está representada a través de una señal senoidal producida por un generador de funciones, a la cual se le establece una serie de valores determinados con el fin de probar la funcionalidad del circuito. El análisis es análogo, se establece una tensión de entrada, según este valor se fija una resistencia de protección que limita la corriente que cruza por el fotodiodo. Esta corriente se ve reflejada en una potencia lumínica que se transmite a través del POF.

Los datos obtenidos son los siguientes:

- $V_i = 1V_{pp}$
- $R_i = 50\Omega$
- $R_{p2} = 63\Omega$
- $R_p = 179\Omega$
- $R_d = 14\Omega$



Con estos datos se puede calcular la intensidad de pico-pico que está soportando el diodo:

$$i_d = \frac{V_{led}}{R_d // R_p} = 12'4mA_{pp}$$

Una vez obtenidas las características necesarias de la señal que se envía a través de la fibra óptica, se puede proceder a calcular la atenuación que sufre por su paso. Para el cálculo de esta característica, necesaria a la hora de calcular la ganancia total del circuito, es necesario utilizar datos presentes en la hoja de características tanto del emisor LED como del fotoreceptor.

Balance de potencia en la fibra óptica.

La primera fase empieza con la conversión de intensidad-potencia lumínica del SFH756, si atendemos a los datos que aparecen en su hoja de característica (véase Anexo 9.4) se obtiene la siguiente información:

Output Power Coupled Into Plastic Fiber ($I_F = 10 \text{ mA}$) ¹⁾	Φ_{IN}	200 (≥ 100)	μW
--	-------------	-----------------------	---------

Con este datos se conoce que para una intensidad de diodo de 10mA, se obtiene una potencia lumínica de 200 μW . Teniendo en cuenta estos datos se puede forzar al circuito emisor para que la corriente que atravesase el emisor LED sea de 10mA, y así se pueda trabajar con datos conocidos y presentes en la hoja de características.

Una vez obtenido este valor de intensidad gracias a la modificación de la tensión de entrada del circuito en continua, se puede medir la potencia que transmite nuestro dispositivo a través de la fibra óptica. Midiendo la potencia lumínica en el extremo de la fibra, donde está situado el fotoreceptor, con el empleo de un interferómetro se puede apreciar la caída o la disminución de potencia perdida en la transmisión por la fibra.

Los potencia lumínica obtenida para la fibra óptica de longitud 80cm se sitúa en torno a la establecida en la hoja de características, por lo que se constata que la pérdida presente en la fibra, al menos para la longitud establecida en estas pruebas, es casi nula.

$$\frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{198mW}{200mW} = 0.99 \sim 1$$

A continuación y conociendo el valor que le llega al dispositivo fotoreceptor SFH250, se puede calcular la relación corriente-potencia lumínica utilizando los datos de su hoja de característica:

4. Transmisión de la señal a través de fibra óptica

Photo Current ($\Phi_{IN} = 10 \mu W$ coupled from the end of a plastic fiber, $V_R = 5 V$)			μA
$\lambda = 660 \text{ nm}$	I_p	3 (≥ 1.6)	
$\lambda = 950 \text{ nm}$		4 (≥ 2.5)	

Para una potencia recibida de $10 \mu W$, eligiendo la longitud de onda apropiada, el dispositivo genera una corriente de $3 \mu A$ (el fabricante indica que como mínimo genera $1.6 \mu A$). Con estos datos se puede establecer una relación entre ambos parámetros:

$$\frac{3 \mu A}{10 \mu W} = 0.3 \frac{\mu A}{\mu W}$$

Si se reciben $200 \mu W$, se obtiene en consecuencia una corriente que atraviesa el fotoreceptor de:

$$I_o = 200 \mu W \frac{0.3 \mu A}{\mu W} = 60 \mu A$$

La relación entre la intensidad de estimulación del *SFH756*, I_i , y la corriente generada por el componente *SFH250*, I_o , es la siguiente:

$$\frac{I_o}{I_i} = \frac{60 \mu A}{10 mA} = 6 \frac{\mu A}{mA}$$

Esta relación permite saber la ganancia existente entre la intensidad de entrada del circuito emisor y la de salida del fotoreceptor.

Pruebas realizadas al circuito receptor.

La tercera parte del conjunto de pruebas se centra en el circuito receptor. El objetivo principal es obtener una tensión a la salida, dependiente de la corriente generada por el fotodiodo y con una ganancia equivalente a la resistencia R_f de realimentación. Se puede calcular de la siguiente manera:

$$G = \frac{A}{1 + A\beta} = 1000 \frac{V}{A} = 1000 \Omega$$

Siendo:

- G: Ganancia del circuito realimentado.
- A: Ganancia del circuito en lazo abierto.
- β : Ganancia de la red β del circuito.

Otra de los aspectos a tener en cuenta es la respuesta del circuito ante diferentes valores de frecuencia, por ello se realiza un barrido en frecuencia para obtener su diagrama de *Bode* correspondiente. Repasando los cálculos teóricos anteriores, se puede concluir que los valores de los componentes son los siguientes:

- $R_f = 1K\Omega$
- $C_f = 3.3pF$
- $V_+/V_- = 5V$

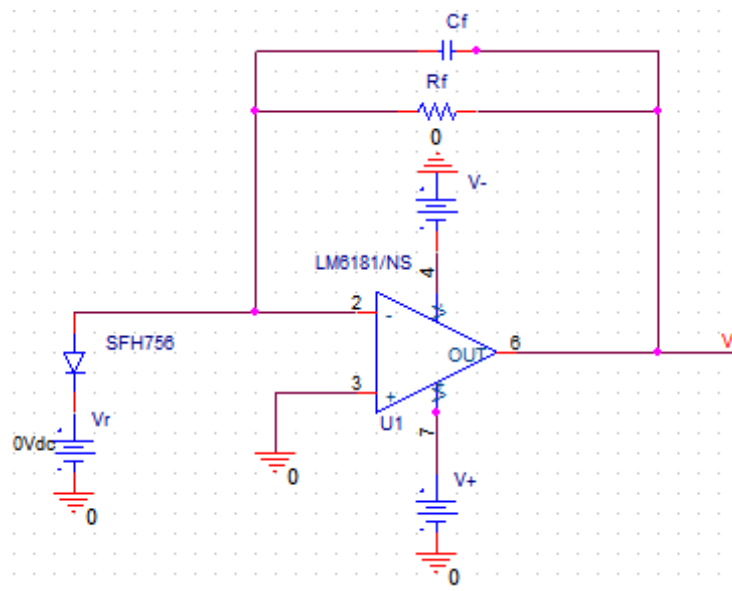


Fig 36. Circuito receptor con modelo LM6181.

Los resultados analíticos son los siguientes:

$F < 1KHz$	->	$V_o = 180mV_{pp}$
$F = 100KHz$	->	$V_o = 176mV_{pp}$
$F = 500KHz$	->	$V_o = 150mV_{pp}$
$F = 1.2MHz$	->	$V_o = 112mV_{pp}$

Para obtener el diagrama de *Bode* del circuito es necesario conocer la ganancia a frecuencias medias además de situar la frecuencia de corte del circuito, el cual representa el momento en el que el circuito se comporta como atenuador, disminuyendo la ganancia a una cantidad determinada de *dB/dec* según el efecto de los polos que posea.

Los datos obtenidos indican que desde frecuencias bajas de trabajo en torno a 1KHz hasta frecuencias <1.2MHz, el circuito mantiene una ganancia atenuadora pero de valores similares. Sin embargo según la regla de -3dB, ese es el valor donde se sitúa la frecuencia de corte del circuito.

A través de esta declaración la frecuencia de corte F_o está situada en 1.2MHz. Según el análisis teórico explicado en capítulos anteriores el objetivo está en fijar un diagrama de Bode con un ancho de banda en torno a los 15MHz, por lo que este resultado dista de ser el planteado inicialmente.

Polarización inversa para reducir la capacidad parásita del foto-detector.

En los anteriores capítulos se ha hablado de la importancia que tiene un valor bajo de capacidad parásita del diodo en un circuito de realimentación como el utilizado, y la posibilidad de bajar este valor de capacidad aplicándole una tensión inversa. A continuación se realiza esta prueba aplicándole una tensión $V_r = 5V$, consiguiendo una reducción de su capacidad parásita teórica de 11pF a 3pF. Realizando el mismo barrido en frecuencia los resultados son los siguientes:

$F < 1KHz$	->	$V_o = 175mV_{pp}$
$F = 100KHz$	->	$V_o = 175mV_{pp}$
$F = 1MHz$	->	$V_o = 163mV_{pp}$
$F = 3MHz$	->	$V_o = 123mV_{pp}$

Se puede determinar a partir de la prueba, que el ancho de banda del circuito ha sufrido un aumento desde 1.2MHz hasta 3MHz.

Margen dinámico del circuito.

Un aspecto importante a la hora de poner en funcionamiento el circuito es conocer los valores máximos y mínimos de entrada y de salida. Para ello es necesario realizar un análisis del circuito para aquellos valores máximos que puede soportar el sistema, así como los mínimos para los cuales se obtiene una señal clara a la salida del circuito.

El primer caso consiste en fijar un punto de trabajo máximo, para evitar la saturación del dispositivo cuando se introduce la señal senoidal del generador de funciones. Se fija en el **circuito emisor** una $I_d = 30mA$ a través de un aumento de $V_{cc} = 7V$ como valores de continua, mientras que los valores de alterna son de $2.5V_{pp}$. La salida del **circuito receptor** ante estos datos es $V_o = 300mV_{pp}$.

Para conocer los valores mínimos para los cuales se obtiene una señal a la salida, se fija el punto de trabajo según las pruebas normales realizadas anteriormente ($I_d = 20mA$, $V_{cc} = 5V$), por otro lado se introduce una señal senoidal de $100mV_{pp}$, obteniendo una salida de valor $V_o = 11mV_{pp}$ con la presencia de un cierto ruido.

En resumen, este es el margen dinámico del circuito:

- **MAX.** $V_i = 2.5V_{pp}$ -> $V_o = 300mV_{pp}$
- **MIN.** $V_i = 100mV_{pp}$ -> $V_o = 11mV_{pp}$ (Alto ruido)

4.3.2 Emisor LED – Circuito OPA380.

Las características de alimentación y valores de los componentes del circuito emisor son análogas a las del *LM6181*. Al tratarse del mismo circuito en casi toda su totalidad excepto en la parte del circuito receptor, que sigue otro tipo de distribución, la atenuación por la fibra óptica y el valor de realimentación del circuito siguen siendo los mismos.

En cuanto al resto de valores del circuito, al tratarse de una configuración y un dispositivo diferentes se consideraran sus correspondientes valores de alimentación y configuración:

- Posición del diodo.
- Alimentación asimétrica: $V_+ = 5V$, $V_- = 0V$.
- $C_f = 3.3pF$

4. Transmisión de la señal a través de fibra óptica

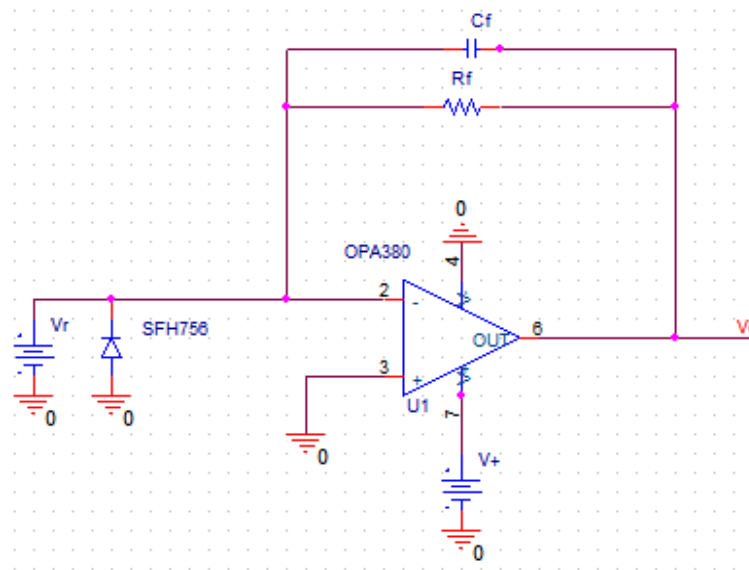


Fig 37. Circuito receptor con modelo OPA380.

Los datos obtenidos para el barrido en frecuencia del circuito son:

$F < 1\text{KHz}$	->	$V_o = 50\text{mVpp}$
$F = 100\text{KHz}$	->	$V_o = 42.3\text{mVpp}$
$F = 600\text{KHz}$	->	$V_o = 35\text{mVpp}$

Estos datos sitúan el BW del circuito en **600KHz**, frecuencia de corte baja para las expectativas del sistema. Se puede concluir que el efecto de la capacidad parásita es más pronunciado en este modelo de amplificador.

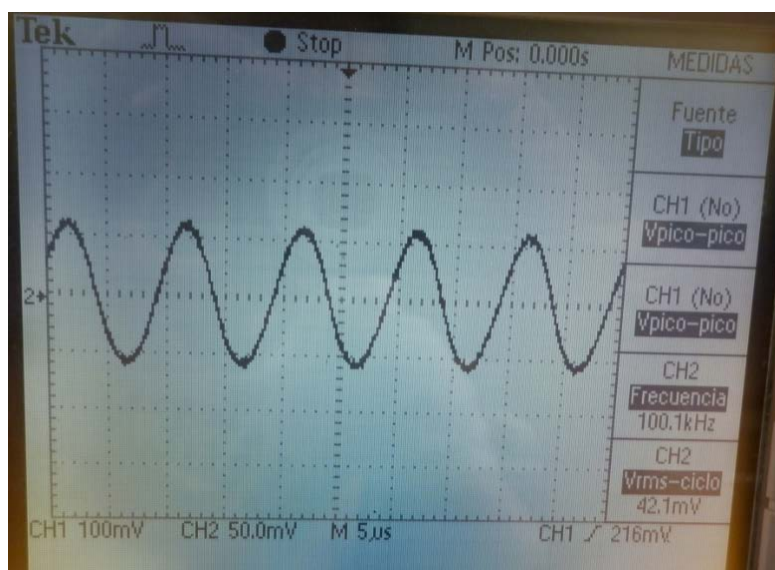


Fig 38. Señal obtenida para 100KHz.

4. Transmisión de la señal a través de fibra óptica

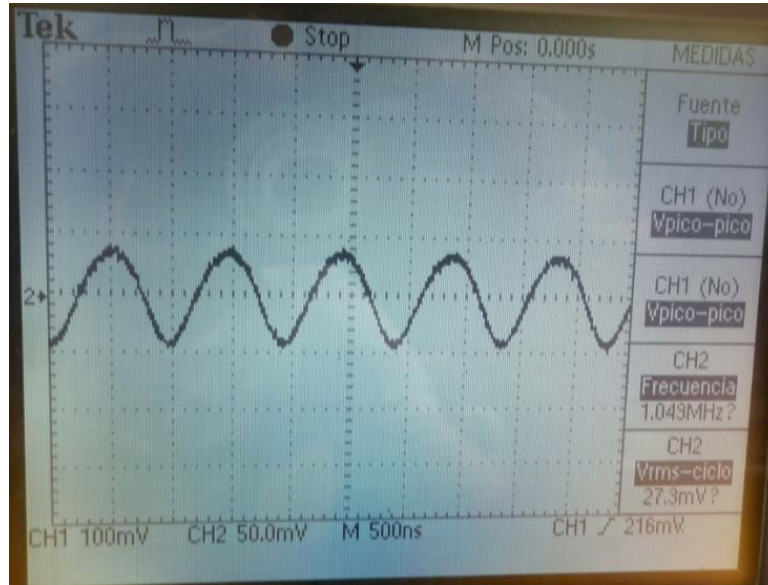


Fig 39. Señal obtenida para 1MHz.

La aproximación de la onda a valores en torno a la frecuencia de corte se ve reflejada en el valor de pico de la señal además de sufrir cierta distorsión en el aspecto de su onda. En la imagen de la Fig 39 se muestra la señal cuando cae un 70% del valor inicial. La onda obtenida sigue sugiriendo una seonidal pero con ciertos rasgos de onda triangular, como bien se puede observar en la parte inferior de la onda.

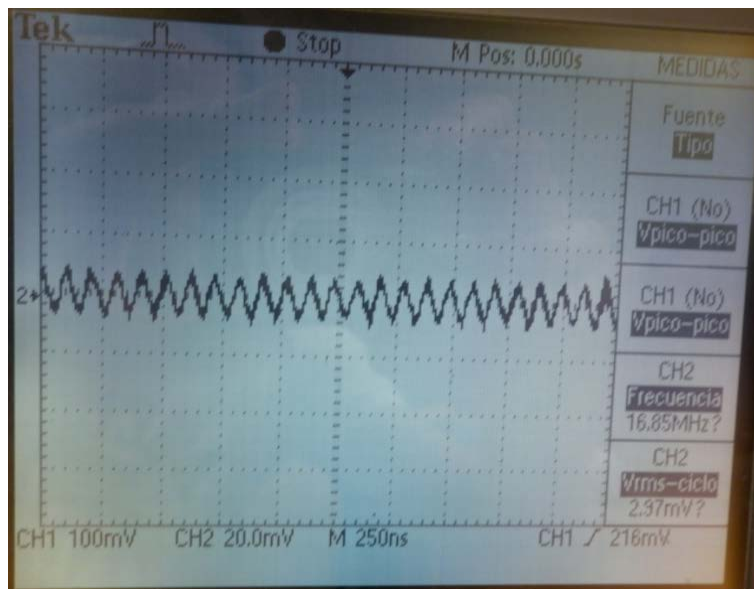


Fig 40. Señal obtenida para frecuencia >10MHz.

Por último, para el valor de la señal a frecuencias mucho mayores que la de corte, el efecto atenuador es grandísimo, tanto, que acaba distorsionando la onda hasta hacerla muy parecida a una onda triangular de poco valor.

Polarización inversa para reducir la capacidad parásita del foto-detector.

La siguiente prueba se ha realizado disminuyendo la capacidad parásita del fotodiodo, aplicando una $V_r = 5V$ al fotoreceptor:

$F < 1\text{KHz}$	->	$V_o = 44.7\text{mVpp}$
$F = 100\text{KHz}$	->	$V_o = 44.7\text{mVpp}$
$F = 1\text{MHz}$	->	$V_o = 38.5\text{mVpp}$
$F = 2\text{MHz}$	->	$V_o = 29.5\text{mVpp}$

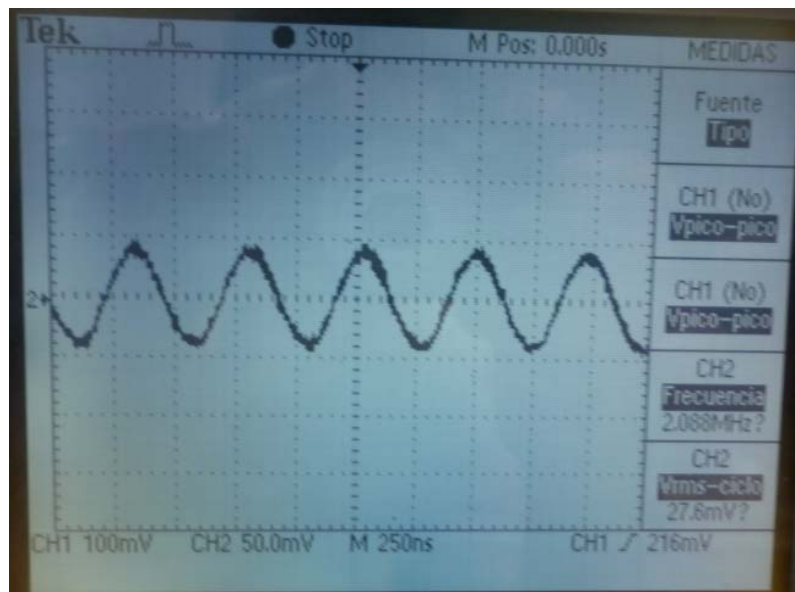


Fig 41. Nueva frecuencia de corte tras aplicar polarización inversa de 5V al fotodiodo.

En la Fig 43 se aprecia que el valor de la onda cuando cae el 70% de la máxima es el mismo que en el caso anterior a 1MHz. Esta vez la frecuencia es el doble, situándose en 2MHz. Este resultado señala la capacidad parásita del fotodiodo como responsable de la anterior limitación del ancho de banda del circuito, por lo que se puede concluir la dependencia entre el condensador parásito y la frecuencia de corte del sistema completo.

En este caso el ancho de banda del circuito ha aumentado estrepitosamente, sin embargo, la frecuencia de corte sigue situada en un valor más bajo del propuesto inicialmente. Por otra parte se puede asegurar que la disminución de la capacidad parásita del diodo favorece al aumento del ancho de banda de la sonda óptica.

Margen dinámico del circuito.

Para conocer el margen dinámico del circuito completo empleando el amplificador OPA380, se han realizado las pruebas análogas al circuito con el modelo LM6181. Los resultados obtenidos se pueden resumir de la siguiente manera:

- **MAX.** $V_i = 2.5V_{pp}$ -> $V_o = 83mV_{pp}$
- **MIN.** $V_i = 400mV_{pp}$ -> $V_o = 18.4mV_{pp}$ (Alto ruido)

4.3.3 Módulo láser – Circuito LM6181.

El análisis del circuito completo empleando el módulo láser y utilizando el modelo de amplificador *LM6181* es análogo al realizado con el *OPA380*, se utilizan los mismos aparatos de instrumentación así como los mismos valores de alimentación. Las características generales de las pruebas llevadas a cabo para ambos modelos de amplificador son las siguientes:

- Tensión de entrada: **Señal sinusoidal de 400mVpp** [3][6].
- Barrido en frecuencia: La frecuencia mínima a la que trabaja el láser son 100Hz. Se realizará un barrido de **200Hz – 20Mhz** (límite de frecuencia del generador de funciones). Indicando la frecuencia de corte del circuito.
- Aplicación de la tensión inversa del fotoreceptor: Se llevará a cabo dos análisis. El primero se realizará sin aplicar una V_r al componente *SFH250*, en cuanto a la segunda, se aplicará una tensión de 5V inversa al fotoreceptor.

Observación 1: La tensión establecida en el generador de funciones se sitúa en 400mVpp. Después de la conexión con el circuito láser, está sufrió una atenuación a la mitad del valor, siendo el valor real de la señal senoidal de 200mVpp. Este valor se fijará como V_i' .

El barrido en frecuencia determina los siguientes resultados:

- $F=200Hz$ -> $V_o=140mV_{pp}$
- $F=2k$ -> $V_o=100$

4. Transmisión de la señal a través de fibra óptica

F=20k -> Vo=100
F=200k -> Vo=100
F=300k -> **Vo=95 Frecuencia de corte.**
F=10M -> Vo=36

A priori se han obtenido unas tensiones más altas que en el apartado 3.3.4, es decir, se puede apreciar como actúan los valores de ganancia de cada uno de los amplificadores, el LM6181 tiene mayor ganancia que el OPA380 en lazo abierto, diferencia que se debe a las condiciones entre el uso de amplificador de corriente y de transimpedancia, respectivamente.

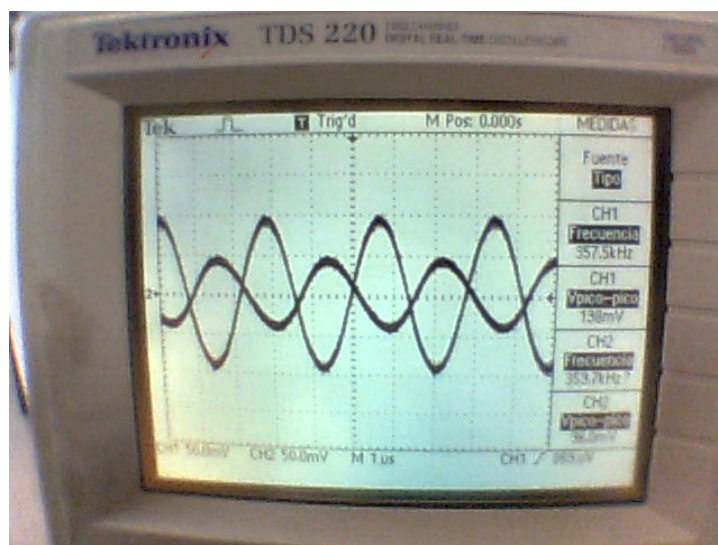


Fig 42. Relación de tensiones para la frecuencia de corte de 300KHz.

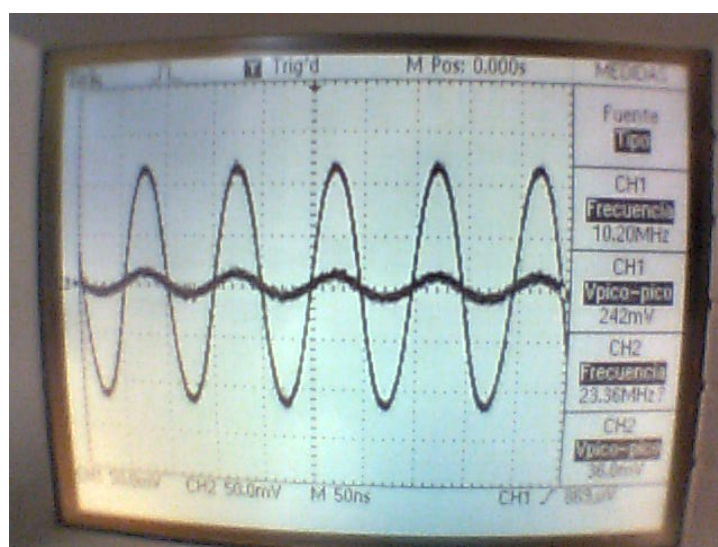


Fig 43. Relación de tensiones para una frecuencia de 10MHz.

4. Transmisión de la señal a través de fibra óptica

Los resultados de las pruebas continúan indicando una frecuencia de corte que no se corresponde con la buscada. El producto de ancho de banda y ganancia se ve reflejado en la disminución de la frecuencia de corte por un aumento de la ganancia del circuito. En este caso se obtiene una frecuencia con un valor de 300KHz, inferior a los 700KHz obtenidos con el OPA380.

Polarización inversa para reducir la capacidad parásita del foto-detector.

Para este segundo caso los valores de tensión inversa son los mismos que en el apartado anterior debido a la utilización del mismo componente. Los resultados a su vez, siguen la trayectoria estudiada.

F=200Hz -> Vo=156mVpp

F=2k -> Vo=115

F=20k -> Vo=118

F=200k -> Vo=116

F=2M -> Vo=86

F=10M -> Vo=92

F=20M -> Vo=110

La **frecuencia de corte** del sistema se sitúa más arriba de los 20MHz caracterizados. El diagrama de Bode posee las siguientes características: mientras que en frecuencias medias (valores de KHz) la ganancia se mantiene casi constante, según se aumenta su valor en torno a valores de MHz, ésta disminuye hasta volver a alzarse a valores mucho más superiores, es decir, se observa un fenómeno que puede deberse a un pico de resonancia en torno a esas frecuencias.

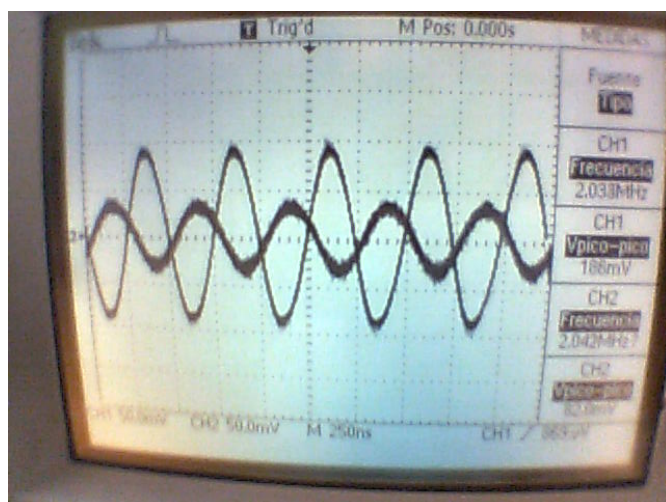


Fig 44. Relación de tensiones para una frecuencia de 2MHz.

4. Transmisión de la señal a través de fibra óptica

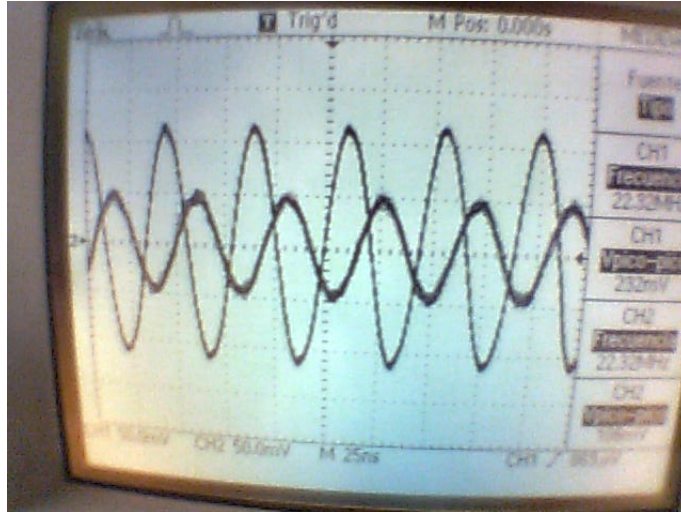


Fig 45. Relación de tensiones para una frecuencia de 22MHz.

4.3.4 Módulo láser – Circuito OPA380.

Las pruebas realizadas a continuación son análogas a las realizadas en el apartado anterior. Contamos con el láser V9323, lo que implica utilizar las características de alimentación y de montaje oportunas. A continuación se lleva a cabo el barrido en frecuencia, tomando como unidades para frecuencia los *Hz*, y para tensión *mVpp*. Estos son los datos obtenidos:

F=200Hz	-> Vo=88mVpp
F=2k	-> Vo=70
F=20k	-> Vo=62
F=200k	-> Vo=84
F=700k	-> Vo=59 Frecuencia de corte.
F=2M	-> Vo=40
F=20M	-> Vo=18

4. Transmisión de la señal a través de fibra óptica

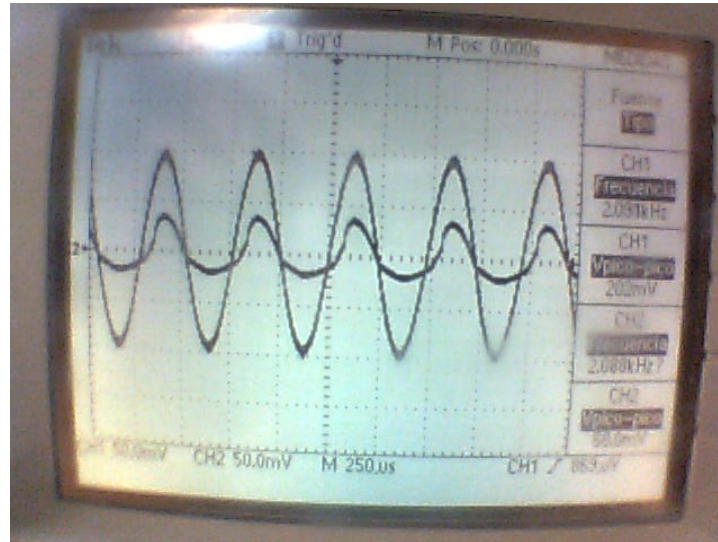


Fig 46. Distorsión de la señal de salida para 2KHz.

Las formas de onda que muestra la Fig 46 anterior corresponden a la tensión de entrada V_i' y a V_o . V_i' es una senoidal pura de 200mVpp de frecuencia determinada, mientras que V_o corresponde a la forma de onda más pequeña y misma frecuencia. Se puede observar la ausencia de desfase.

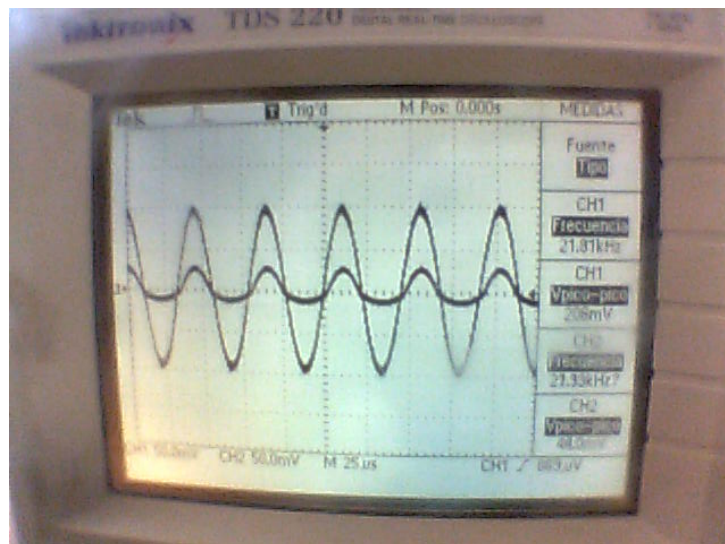


Fig 47. Señal de salida para 20KHz.

El comportamiento del sistema según se aumenta la frecuencia de la señal de entrada es el de disminución de la ganancia de V_o . Además se puede observar en las Fig 47 y Fig 48 que su forma de onda no es exactamente una senoidal perfecta, por lo que se puede apuntar que la señal sufre una modificación cuando cruza el circuito.

4. Transmisión de la señal a través de fibra óptica

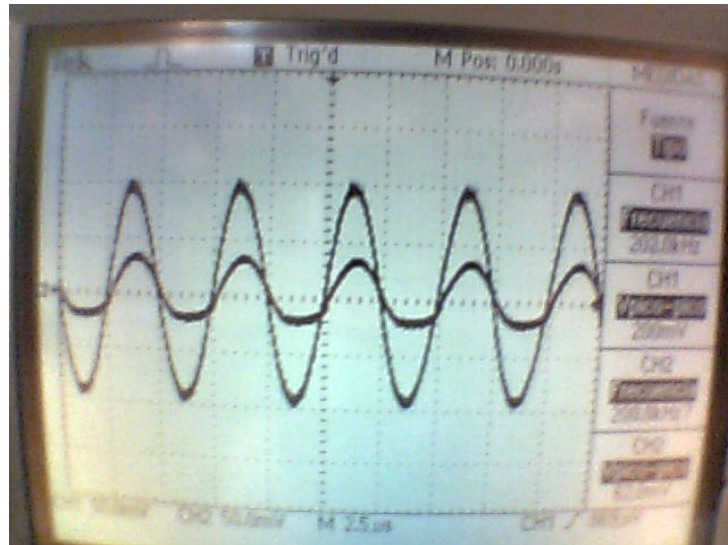


Fig 48. Señal de salida para 200KHz.

Para una frecuencia de 200KHz la ganancia aumenta, hecho que se relaciona con un posible pico de resonancia en torno a la frecuencia de corte. A partir de esta , según se aumenta a valores en torno a los megahercios, la amplitud disminuye estrepitosamente.

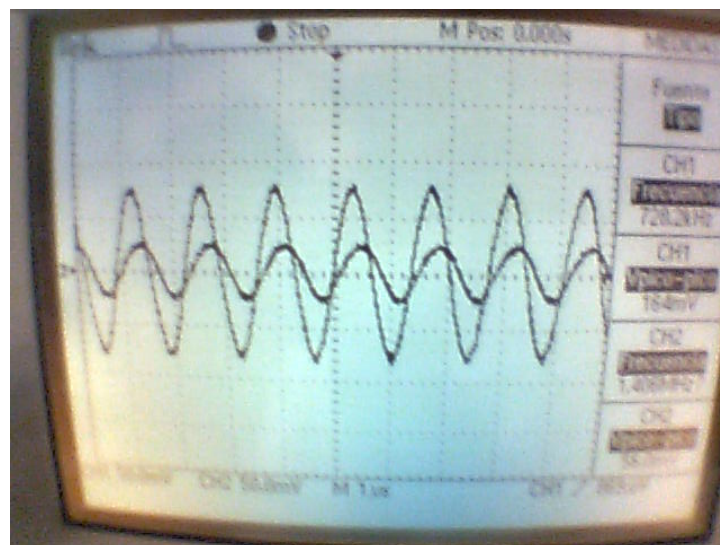


Fig 49. Relación de tensiones para 700KHz, frecuencia de corte del sistema.

La frecuencia de corte del sistema es de 700KHz. Este valor dista mucho de ser los 10MHz, planteados en el estudio teórico del circuito. Este fenómeno se puede deber a la presencia de condensadores parásitos presentes en alguna parte del sistema. En el apartado 3.2.1 se describen los inconvenientes de contar con el condensador parásito del fotoreceptor en su modelo real.

Polarización inversa para reducir la capacidad parásita del foto-detector.

En las siguientes pruebas se aplica una tensión *reverse* de 5V al fotoreceptor *SFH250* en el circuito receptor. Los resultados obtenidos del barrido en frecuencia son los siguientes:

F=200Hz -> Vo=84mVpp

F=2k -> Vo=70

F=20k -> Vo=60

F=200k -> Vo=82

F=2M -> Vo=62

F=10M -> Vo=100

F=20M -> Vo=95

La **frecuencia de corte** se sitúa por encima del valor de 20MHz.

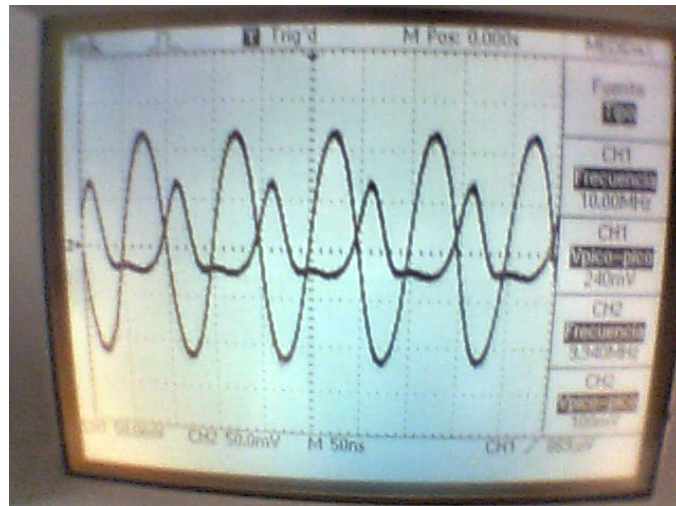


Fig 50. Relación de tensiones para una frecuencia de 2MHz.

Si se comparan las tensiones obtenidas aplicando V_r y sin aplicarla, se observa que los cambios se producen para las frecuencias de 200KHz, 2MHz y 20MHz. Se puede afirmar que el ancho de banda de la sonda óptica ha aumentado hasta valores de 20MHz.

4. Transmisión de la señal a través de fibra óptica

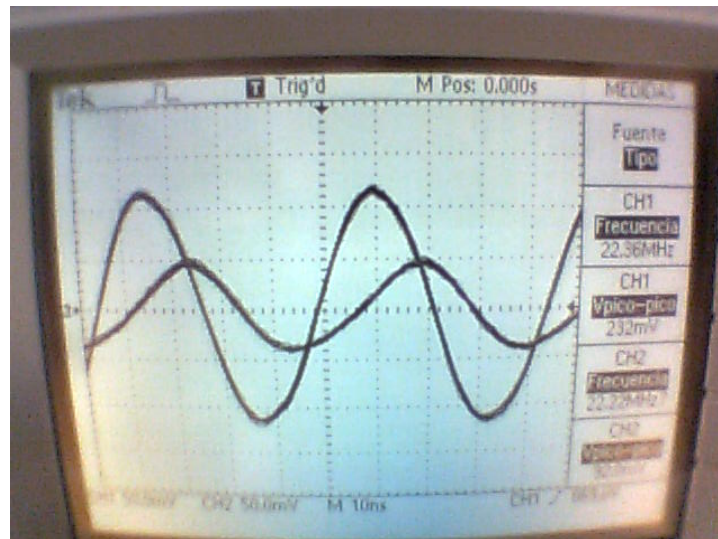


Fig 51. Relación de tensiones para una frecuencia de 22MHz.

Discusión y conclusiones.

La utilización del circuito emisor LED es una forma económica de transmitir la señal a través de fibra óptica, pero se pudo observar que la puesta en marcha del sistema completo utilizando el circuito emisor disminuye considerablemente las prestaciones de este. Mientras que de manera teórica el ancho de banda del circuito se situaba en 10-20MHz, en las pruebas realizadas este valor se limitó a valores de 2-3MHz.

Por otro lado se aprecia una atenuación muy grande entre la tensión de entrada y la obtenida en la salida, de hecho el resultado de esta disminución de voltaje ya se veía presente en el circuito emisor. Cuando se aplicaba una tensión de 1Vpp con el generador de funciones, se obtenía una caída de tensión en el emisor LED de valores parecidos a la salida V_o del circuito receptor. Este fenómeno se debe principalmente al poco valor que tiene la resistencia interna del diodo, provocando que la tensión propia del generador adquiriera la mayor parte de la caída de tensión.

Los resultados obtenidos empleando el circuito emisor con módulo láser fueron más satisfactorios. Aunque los valores de la señal modulada eran más bajos que los utilizados empleando el LED, el ancho de banda del circuito completo aumentaba, alcanzando una respuesta similar a lo largo de 20MHz de margen de frecuencia. Por lo tanto se puede apostar por este modelo si lo que se busca es el trabajo a velocidades de transmisión altas y asegurarse mayor fiabilidad y respuesta del sistema.

Por otra parte se han determinado algunas características comunes en ambos modelos. Empíricamente se ha llegado a la conclusión de que existe algún elemento en el sistema que limita de manera considerable el ancho de banda de este. A través de estas pruebas se ha llegado a la conclusión de que parte de esta limitación venía dada por la **capacidad parásita** del SFH250, hecho que se ha demostrado obteniendo un ancho de banda mayor, cuando se disminuía esta capacidad a través de la aplicación de una tensión *reverse*.

Otro factor común a ambos modelos se basa en los resultados obtenidos según se trabaje con uno de los dos amplificadores. Empleando el amplificador operacional LM6181 se obtienen unos valores de señal de salida más altos que si usamos el amplificador operacional OPA380, así como de manera contraria a este hecho ocurre con el ancho de banda del circuito.

Por último y de manera resumida, se presentan las características principales que hacen que un modelo sea válido para trabajar en unas determinadas condiciones u otras:

4. Transmisión de la señal a través de fibra óptica

- **Modelo 1: Emisor LED.**
 - Solución económica.
 - Ancho de banda limitado.
 - Fiabilidad baja.
- **Modelo 2: Módulo láser.**
 - Ancho de banda alto.
 - Fiabilidad alta.

A continuación se muestra una tabla que sintetiza las características de frecuencia y ganancia de cada una de las posibilidades de conexión de la sonda óptica. La ganancia G en decibelios se obtiene a partir de la siguiente fórmula $G = 20 \cdot \log A$. A es la ganancia de la tensión de entrada suministrada por el generador de funciones una vez conectado, mientras que la tensión de salida es la que medimos en la salida del circuito, es decir, V_o/V_i .

MODELO DE PROTOTIPO	Ancho de Banda	Ganancia (Balance pérdidas)
<i>M1.LM6181.VR</i>	3MHz	-16dB
<i>M1.LM6181</i>	1.2MHz	-16dB
<i>M2.LM6181.VR</i>	20MHz	-5dB
<i>M2.LM6181</i>	300KHz	-5dB
<i>M1.OPA380.VR</i>	2MHz	-28dB
<i>M1.OPA380</i>	600KHz	-28dB
<i>M2.OPA380.VR</i>	20MHz	-7dB
<i>M2.OPA380</i>	700KHz	-7dB

Tabla 2. Ganancia y ancho de banda para cada uno de los prototipos.

Entiéndase *M1* como circuito emisor LED, *M2* como circuito emisor láser el correspondiente modelo utilizado según OPA380 y LM6181, y *VR* como tensión inversa aplicada.

En conclusión, después de probar las distintas posibilidades de alimentación y configuración de los circuitos, se obtiene que la configuración que proporciona las mejores prestaciones son: utilización del circuito emisor **láser** y el empleo de cualquiera de los circuitos receptores siempre y cuando se le esté aplicando una **tensión reverse** constante.

5 Adquisición y análisis de la señal empleando la tarjeta PDA14.

En los capítulos anteriores se ha tratado toda la parte del proyecto fin de carrera que engloba el estudio y la implementación del *hardware* del sistema, comprendiendo, analizando y desarrollando los diferentes problemas expuestos.

La temática del capítulo 5 del proyecto está orientada hacia el *software* del conjunto. Analiza los elementos principales de la parte de control y gestión del sistema como la tarjeta de adquisición de datos PDA14, elemento intercalado entre la circuitería y el PC, o su archivo de control *ScopeDemo.vi* encargado de gestionar y controlar la tarjeta. Por último se describen las modificaciones realizadas en el archivo principal para incluir la operación de almacenamiento de datos.

5.1 Características principales de la tarjeta PDA14.

Al principio del documento se divide el sistema en varias partes: la adquisición como tal, el acondicionamiento de la señal y los elementos necesarios que hacían posible trabajar con los datos obtenidos. Un sistema que no tiene una parte de gestión y de control integrado no es del todo práctico, pues uno de los objetivos principales que acompañan a este tipo de sistemas es la posibilidad de evaluación y análisis en torno a un parámetro en concreto[12].

Este subobjetivo complementa al objetivo principal del proyecto, por ese motivo es necesaria la introducción de un bloque de control y evaluación dentro del sistema propuesto. El elemento de conexión entre este bloque y la sonda óptica es la tarjeta de adquisición de datos. Este elemento se encarga de transformar los valores analógicos obtenidos de la sonda óptica en valores digitales que permitan el trabajo con máquinas de cálculo mucho más potentes [13].

Después del estudio de la tarjeta de adquisición PDA14 orientada a la adquisición de datos dentro del sistema en funcionamiento como sonda óptica, se podrá orientar su funcionamiento a la detección síncrona de señales utilizando su terminal de reloj externo.

Especificaciones de la parte *hardware* de la tarjeta PDA14.

A continuación se muestran y analizan algunas de las características principales de la tarjeta de adquisición de datos PDA14, véase Anexo 9.4 para consultar su hoja de características:

Características de la tarjeta de adquisición PDA14.

- 2 canales con ratio de muestro hasta 100MHz.
- 14 bits de resolución.
- Ancho de banda en continua de 50MHz.
- Ranura 64/32 Bits PCI.
- 512 Megabytes de memoria en la tarjeta.

Este fragmento indica algunos de los rasgos de la tarjeta sacadas directamente de su hoja de características, la cual está adjunta al documento en el apartado *Anexos*. La primera característica es la disponibilidad de utilizar dos canales para la toma de datos con un ratio de muestreo de hasta 100MHz. Además la tarjeta de adquisición trabaja en anchos de banda situados en 50Mhz (la frecuencia de trabajo del sistema está situado en valores en torno 10-20Mhz).

Adicionalmente se cuenta con una resolución de 14 bits. La resolución no es un rasgo que condicione la elección de la tarjeta, pero mejora la calidad de esta, pues tener un número elevado de bits de resolución permite ser precisos con el trabajo de la señal [1].

Por último, otra característica interesante de la tarjeta PDA14 reside en la capacidad de la memoria interna de la propia placa, dotada de 512Mb, valor que permite la toma de datos durante largos periodos de tiempo.

Valores analógicos de entrada.

Para la puesta en marcha de la tarjeta PDA14 es necesario atender a sus valores de alimentación y trabajo. A continuación se muestran algunas de las características que se han tenido en cuenta en la realización de las pruebas al sistema de adquisición propuesto.

- Escala completa de rangos de voltaje: 200mV, 333mV, 600mV, 1V, 2V, 3V.
- Impedancia de entrada de 50Ω.

Las pruebas realizadas a la sonda óptica han contado con una salida equivalente de 50Ω que emula el comportamiento de la señal a la entrada de la tarjeta PDA14. Por otro lado se han considerado los valores de tensión del circuito de salida de tal manera que estuviesen en los rangos de adquisición de la tarjeta, es decir, no muy inferiores a 200mV ni superiores a 3V.

Valores máximos.

Los valores máximos absolutos de tensión para mantener la integridad de la tarjeta PDA14 son:

- Entradas analógicas: $\pm 5V$.
- Entrada del disparo: $\pm 5V$.
- Entrada del reloj: 5 voltios pico a pico.

Estas indicaciones son necesarias para realizar la correcta conexión entre la sonda óptica y la tarjeta de adquisición PDA14 y mantener los rangos de tensión de entrada a la tarjeta por cada uno de sus canales.

Reloj externo.

Al margen de los terminales canal 1 y canal 2 que se emplean para la adquisición de los datos del sistema, se utilizará el terminal de reloj externo de la tarjeta PDA14 para su empleo en adquisición síncrona. Algunas características interesantes son:

- Forma de onda: Senoidal o cuadrada.
- Frecuencia: 30MHz hasta 100MHz.
- Amplitud: 100mVpp hasta 2Vpp.

Especificaciones de la parte *software* de la tarjeta PDA14.

Una vez descritas las características físicas de la tarjeta PDA14 se puede proceder a la familiarización y estudio de puesta en marcha a través de su instrumentación virtual en LabVIEW [10][11].

El control de este dispositivo se realiza a través de los archivos proporcionados por el fabricante *Signatec*. El archivo principal *ScopeDemo.vi* se

centra en el control y gestión de los parámetros de la tarjeta PDA14. Este archivo está programado para realizar las siguientes funciones:

- **Adquirir.** Realizar la adquisición de los datos que llegan a los terminales del canal 1 y canal 2.
- **Mostrar.** Modificar diferentes parámetros de pantalla para que muestre los datos obtenidos previamente.
- **Cambiar la configuración de los parámetros de la tarjeta.** La utilización de esta aplicación permite modificar ciertas características de la tarjeta, como el modo de trabajo, la utilización de *trigger* externo o la configuración de su bus de datos *SAB*.
- **Almacenar datos.** Permite al usuario realizar captura de los datos dentro del PC así como de cargarlos cuando sea oportuno.

Las oportunidades de trabajo que presenta este programa son ilimitadas, pues a partir de este programa básico de control, se pueden realizar modificaciones que dejando intacto el núcleo de su funcionamiento añaden funciones de gran utilidad como el almacenamiento de datos o aplicaciones destinadas a la detección sincorna de la tarjeta PDA14.

5.2 Programa de control en LabVIEW.

El archivo proporcionado por el fabricante de la tarjeta PDA14 está desarrollado con la herramienta *software* LabVIEW, lo que implica un conocimiento de la plataforma para su manipulación. Los conocimientos necesarios para operar con este programa se adquirieron a través del tutorial proporcionado por la propia empresa[11].

LabVIEW es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación empleando lenguaje gráfico. Sus principales aplicaciones están destinadas a la adquisición de datos y análisis matemático, automatización industrial, control y supervisión de procesos, entre otros.

La interfaz de *LabVIEW* posee dos tipos de paneles donde se pueden realizar operaciones. El primero de ellos se considera la interfaz del programa (*front panel*) en el cual el usuario puede interactuar mientras el código está en proceso de ejecución, por otra parte, el panel *block diagram* muestra el código del programa y es en esta ventana donde puede modificarse el código, véase 9.3.3.

5. Adquisición y análisis de la señal empleando la tarjeta PDA14

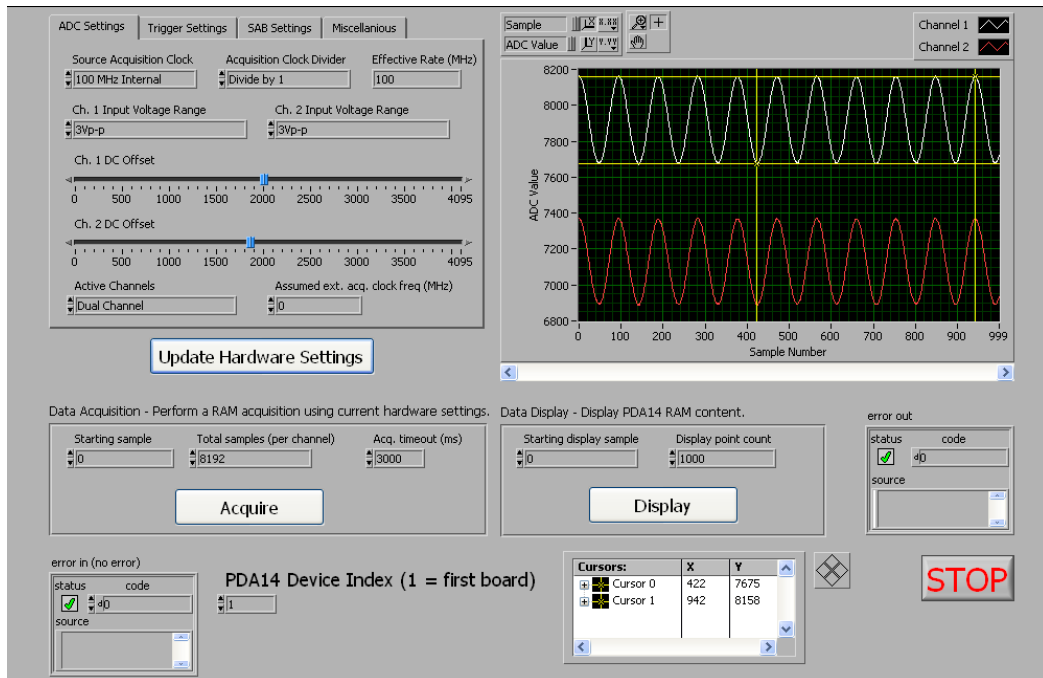


Fig 52. Interfaz del programa, “front panel”.

En la Fig 52 se observan los elementos principales del archivo *ScopeDemo.vi* de control de la tarjeta. Este es el panel a partir del cual el usuario puede modificar los parámetros de la tarjeta. Se puede observar una pantalla encargada de mostrar los datos obtenidos, así como diversos cuadrantes que permiten modificar las configuraciones de la tarjeta. También se observan las opciones de *Acquire*, *Display* y *Update Hardware Settings*, acompañados de diferentes ventanas que pueden ser modificadas por el usuario.

La manipulación de estos elementos presentes en el *front panel* se pueden sintetizar en las siguientes líneas:

- **Acquire.** Actuando sobre este cuadro, el usuario adquiere la señal que llega a los canales 1 y 2 de la tarjeta de adquisición. Esta opción permite modificar algunas características importantes relacionadas con la toma de las muestras.
 - o *Startingsample* y *Total sample*: Se puede configurar el tamaño de datos en la memoria modificando ambas características.
 - o *Acq. Timeout*: Señalando una cantidad en milisegundos, se puede limitar el tiempo máximo que puede estar adquiriendo de datos. Función parecida al *Watchdog*.
- **Display.** Este apartado permite realizar modificaciones en las muestras desplegadas en la pantalla del panel de control, actuando directamente en la memoria interna donde residen los datos adquiridos.

- *Startingdisplaysample*: Indica el punto de la muestra desde donde debe empezar a mostrar en pantalla.
- *Displaypointcount*: Establece la cantidad de puntos que deben ser mostrados.
- **Update Hardware Settings**. A través de este cuadro se realizan las modificaciones en las diferentes aplicaciones de la tarjeta, divididas a su vez en cuatro pestañas.
 - *ADC settings*: En este apartado se modifican parámetros relacionados con la adquisición de la señal: la magnitud del reloj interno, la escala de tensión de ambos canales, la posibilidad de introducir *offset*, la elección de los canales para adquirir, y por último la simulación para adoptar un valor de reloj externo.
 - *Triggersettings*: Permite configurar diferentes aspectos sobre la condición del disparo: tipo de disparo, ubicación, utilización de disparo de nivel negativo, nivel, tamaño del segmento (para disparo segmentado), modificación de las muestras de retraso y previas antes de la ejecución del disparo.
 - *SAB settings*: Establece ciertas características relacionadas con el bus de datos SAB de la tarjeta.
 - *Miscellaneous*: Otro tipo de configuraciones. Tipo de salida digital, configuración *master/slave*...

Estas son todas las características del archivo base *ScopeDemo.vi*, que esta a disposición del usuario y que permite realizar las modificaciones de los parámetros de la tarjeta mientras esta se ejecuta, disponibles en el **panel de control** del programa.

La otra parte del programa, aquella encargada de realizar las operaciones, se encuentra en el panel que conocido como *block diagram*. En este panel se realizan cambios necesarios en el código, permitiéndolo añadir, quitar o modificar elementos de programación internos: bucles, operaciones matemáticas, condiciones, etc.

5.3 Instalación de la tarjeta digitalizadora PDA14 y sus conexiones.

External Clock

External Trigger

Channel 1 Input

Channel 2 Input

Digital Output

Master/Slave Connector

SAB Connectors

Universal 64-bit Card Edge Connector

80

En la Fig 54 se pueden observar todas las conexiones habilitadas en la tarjeta. Los elementos principales que conciernen a la conexión de la tarjeta con el resto del sistema vienen señalados en la Fig 55.

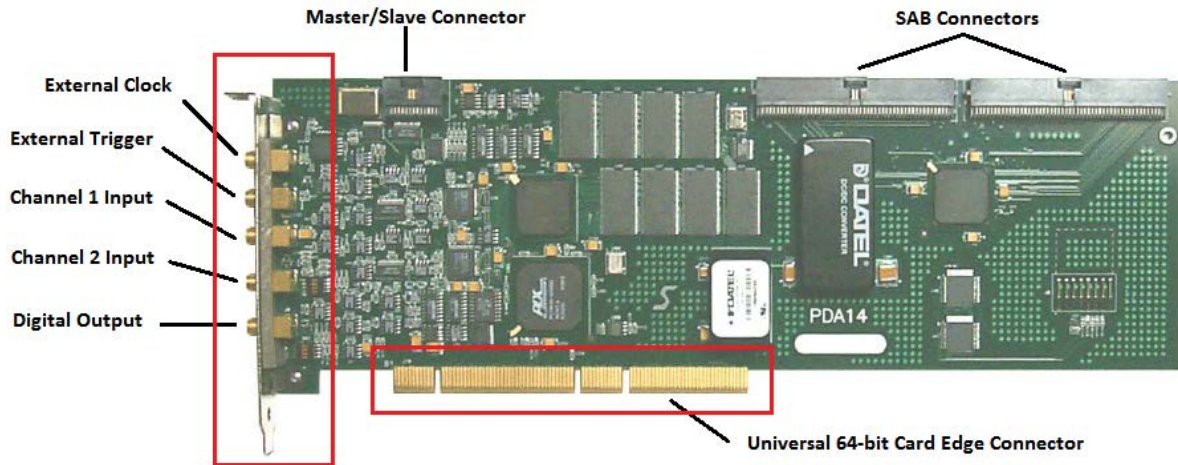


Fig 55. Conexiones necesarias para nuestro sistema.

La conexión entre la tarjeta y la circuitería se realiza a través de los conectores SMA macho, situados en la parte izquierda de la tarjeta. Las características de estas cinco entradas pueden consultarse en el Anexo 9.4, hoja de características de la tarjeta de adquisición PDA14.

- *ExternalClock*: Se puede optar por la introducción de un reloj externo, fijando una frecuencia de datos externa. Se empleará en las aplicaciones descritas en el capítulo 6.
- *ExternalTrigger*: Se puede prescindir del disparo interno propio de la tarjeta y situar uno externo de acorde con la señal adquirida. No se usará.
- *Channel 1 Input, Channel 2 Input*: Ambos canales estarán conectados a señales que interesen ser adquiridas y analizadas.
- *Digital Output*: La tarjeta PDA14 da la posibilidad de generar una señal TTL de determinadas características.

Por último se emplea la conexión al puerto PCI de la placa base del ordenador a través del conector de la tarjeta universal de 64 bits, señalado en la figura 55 por el recuadro inferior rojo.

Conexión PDA14 – circuito de acondicionamiento.

Para la conexión entre la tarjeta PDA14 y la sonda óptica se utiliza la conexión *SMA* de la salida de la sonda, la conexión mutúa se realiza a través de un cable dotado en sus extremos de conectores *SMA* hembra.

Las entradas de la tarjeta PDA14 para las que se habilitará conexión dentro del sistema son:

- *Canales 1 y 2*: Se usan ambos terminales para introducir señales de referencia que interesen ser estudiadas. Al menos se utilizará un canal para obtener la señal transmitida por la sonda óptica.
- *Reloj externo*: De forma adicional a la aplicación principal del sistema, se realizarán una serie de modificaciones comentadas en el capítulo 5. Uno de estos cambios comprende la utilización del conector de reloj externo.

Conexión PDA14 – PC.

Actualmente las placas base de los ordenadores personales poseen una ranura conocida como PCI. Numerosos elementos como tarjetas gráficas, tarjetas de sonido o en este caso tarjetas de adquisición de datos son fácilmente instalables como parte del *hardware* del ordenador.

La conexión física entre la tarjeta de adquisición PDA14 y el PC se realiza, en definitiva, insertando este dispositivo en la ranura PCI de la placa base. Posteriormente es necesaria la utilización de un *driver* adjunto al dispositivo que permita su reconocimiento por el sistema operativo *Windows Xp*.

5.4 Adaptación del instrumento virtual.

Existen dos archivos principales, el archivo *ScopeDemo.vi* tiene como objetivo seleccionar todas las características disponibles de la tarjeta y adquirir los datos que llegan a los terminales de esta. En general este archivo permite trabajar directamente con la función principal de la tarjeta, es decir, se puede adquirir y mostrar por pantalla. El segundo archivo (*PCIRecord.vi*) está diseñado únicamente para guardar/cargar datos durante un tiempo determinado, este archivo se ejecuta de manera independiente.

El programa a implementar tiene que ser capaz no solo de realizar las tareas descritas sino permitir al usuario almacenar y mostrar los datos en cualquier momento. La modificación en el código principal del archivo *ScopeDemo.vi* se basa en incluir una parte de código que proporcione esta función.

Para llevar a cabo esta implementación es necesario adaptar el instrumento *Scopedemo.vi*. Su estructura interna está compuesta por los siguientes casos:

- *Timeout*: Si el programa no realiza ninguna función mientras mantiene la conexión con la tarjeta, siempre ejecutará esta parte ausente de código. Se considera un punto muerto o estado *neutro* del programa.
- *Acquire*: El código realiza las actualizaciones de las configuraciones correspondientes, lee los datos obtenidos en los terminales de los canales de la tarjeta, guardándolos posteriormente en la memoria *RAM* del PC. Adicionalmente al proceso de adquisición realiza el caso *Display*.
- *Display*: El código realiza las actualizaciones de los parámetros correspondientes al despliegue de la señal en la pantalla. Este caso es el encargado de coger los datos guardados en los diferentes lugares de la memoria *RAM* y permitir que sean mostrados. En este caso se añade el código correspondiente al **almacenamiento** de los datos.
- *Load*: Es el nuevo caso encargado de **cargar** un archivo de datos, el código ejecutará este caso mostrando los datos en la pantalla.
- *UpdateHwd*: Por último, ejecutando este caso el código se encarga de cambiar ciertos parámetros de la tarjeta.

Almacenar – Modificaciones en el programa.

La implementación de la función **save** se lleva a cabo en el caso *Display*. Este caso es el que se encarga de mostrar los datos por pantalla, permitiendo al usuario ver lo que adquiere la tarjeta. Para proceder a salvar los datos adquiridos se emplea un bloque programado llamado *Write To Measurement File*, que se encarga de crear un archivo que contenga los datos guardados.

Las entradas necesarias para que el propósito del programa se ejecute son dos: la señal adquirida y un interruptor que se encargue de habilitar o no el guardado. Como se vió anteriormente, algunas de las programaciones en el *Block Diagram* se ven reflejadas en el *Front Panel* (panel que manipula el usuario cuando ejecuta el programa), véase 9.3.3.

5. Adquisición y análisis de la señal empleando la tarjeta PDA14

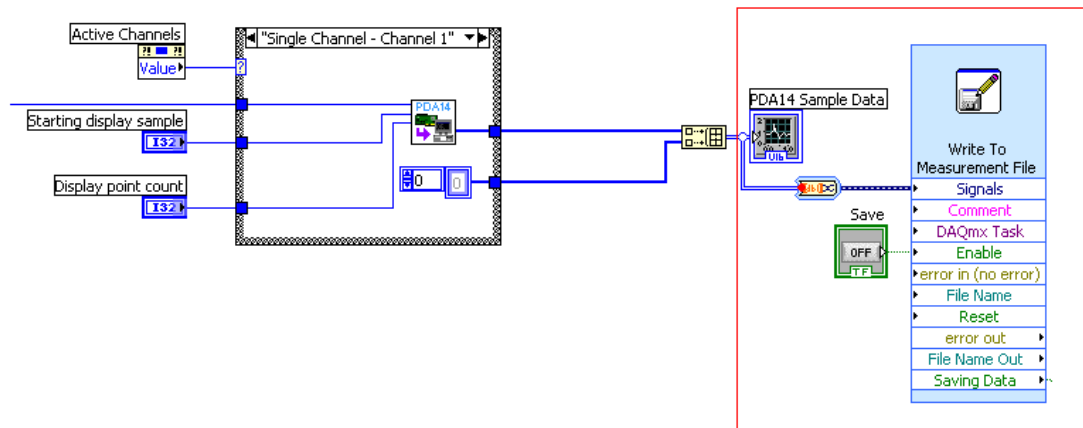


Fig 56. Bloque modificado para guardar la señal.

En la Fig 56 se puede observar el interruptor de activación y la señal adquirida como entradas al bloque. Se observa la presencia de un elemento intermedio cuya función es simplemente convertir los datos de un *array de 2D* a *datos dinámicos* capaces de ser leídos por el bloque *display*.

Para que el usuario pueda guardar, tiene que ejecutar el proceso a través de dos interruptores. El botón *Acquire* adquiere la señal de la tarjeta y además ejecuta el caso *Display* de manera automática, lo que implica ejecutar el bloque de guardar a su vez.

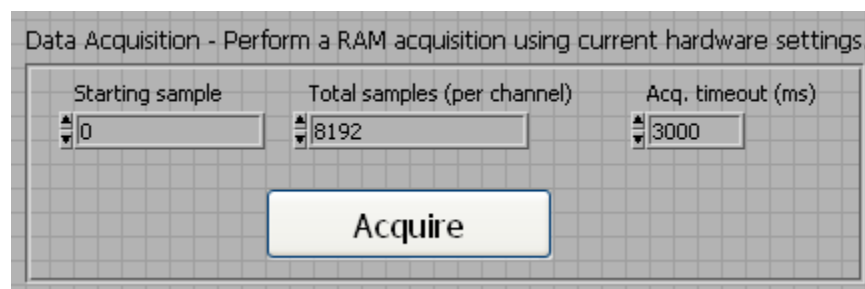


Fig 57. Panel de adquisición.

El acceso al caso *Display* que permite la posibilidad de guardar la señal como la realiza la función *Acquire*.

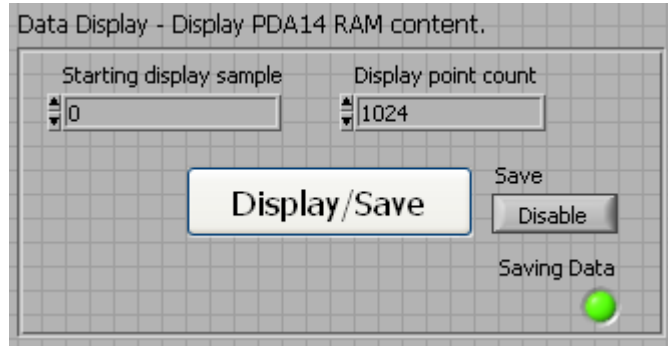


Fig 58. Panel de presentación y almacenamiento.

Para evitar guardar cada vez que el usuario esté interesado en actualizar el *Display* o *Acquire*, se habilita el uso de un interruptor que decida si se quiere salvar o no. En la figura se puede observar dicho interruptor a la derecha del *Display/Save*. El bloque *Write to Measurement File* está configurado para que cada vez que el usuario decida guardar, este le facilite una ventana para poner nombre al archivo deseado.

Cargar – Modificaciones en el programa.

La programación para cargar un archivo es de similar complejidad que el anterior. Si el usuario desea cargar unos datos, debe pulsar el interruptor *LOAD* situado en el *front panel*. Este movimiento ejecuta el caso *Load* que contiene el código necesario. En este caso se dispone de un bloque encargado de leer un determinado archivo, *Read From Measurement File*, este tiene a su salida una pantalla capaz de leer los datos.

5. Adquisición y análisis de la señal empleando la tarjeta PDA14

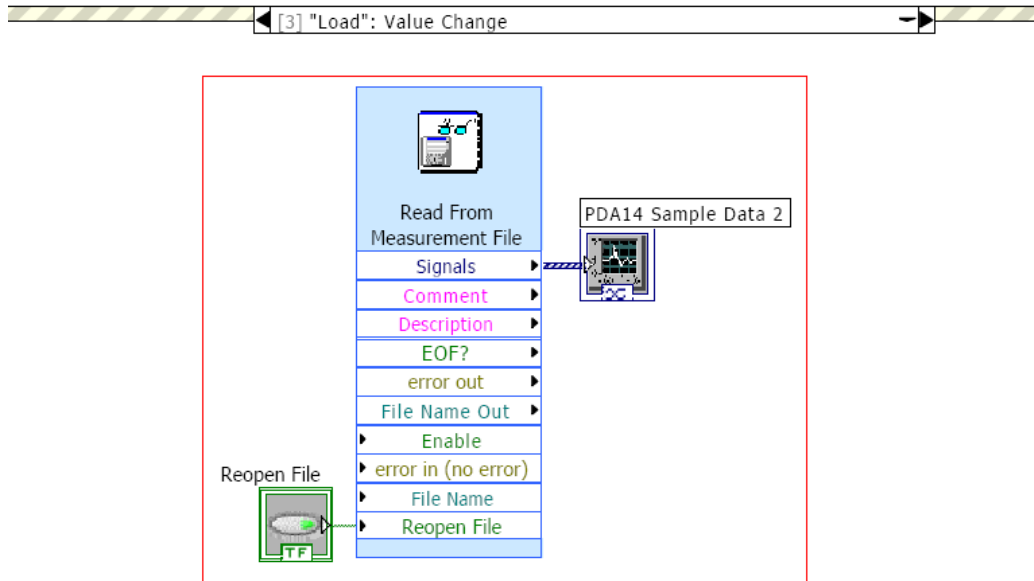


Fig 59. Bloque encargado de la carga de datos.

Se introduce un interruptor que permita habilitar la opción del bloque *Reopen File*. Si se activa, permite que cada vez que el usuario ejecute el bloque, el programa le pida seleccionar un archivo, en caso contrario, cada vez que se ejecute abrirá siempre el nombre del archivo que se haya establecido previamente.

El aspecto del *Front Panel* es el de la Fig 60, en el cual se puede observar la disposición de la pantalla y los interruptores correspondientes a las acciones descritas anteriormente.

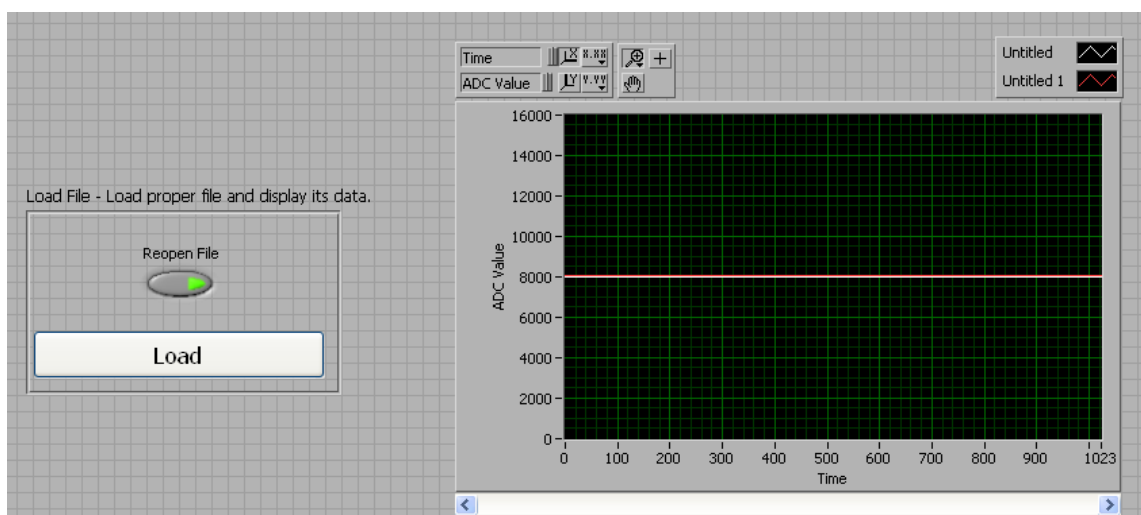


Fig 60. Panel de usuario para la carga de datos.

6 Aplicaciones del sistema.

El desarrollo del sistema propuesto, capaz de transmitir datos a velocidades del orden de megahercios, modular la señal a través de un láser que transmite por fibra óptica y ser capaz de mostrar los datos adquiridos por pantalla, es una parte muy básica de la cual se puede partir para realizar diferentes pruebas así como para introducirlos en determinados entornos. En este capítulo se describe al usuario diferentes aplicaciones de interés que pueden desarrollarse a partir del sistema básico.

Para situar al lector se realiza una descripción sobre las aplicaciones del sistema diseñado, que muestra a grandes rasgos cuales son las peculiaridades y las ventajas de cada una:

- *Sistema de adquisición y transmisión con aislamiento por sonda óptica.* Se considera esta aplicación la básica o por defecto del sistema, introducida desde un principio, la función del sistema propuesto está orientado a la transmisión y adquisición de datos por fibra óptica hasta 20MHz. La peculiaridad de transmisión por este medio reside en la fibra óptica, cuya posible aplicación es la de trabajar en entornos hostiles (peligro ante fuga eléctrica) disponiendo a su vez de transmisión de datos con grandes anchos de banda.
- *Detección por muestreo síncrono.* La ventaja de trabajar con la tarjeta de adquisición PDA14 permite el uso de la entrada del reloj externo. Con ayuda de un sintetizador se generarán un par de señales sincronizadas entre sí, de las cuales una servirá como reloj de adquisición de la tarjeta, mientras que la otra será la utilizada como entrada en la circuitería del sistema. El sistema posee, por lo tanto, la opción de modular y demodular síncronamente, lo cual presenta ventajas a la hora de transmitir información a través de la fibra[14].
- *Sensor óptico.* La ventaja de trabajar con elementos ópticos permite utilizar estos propiamente como sensores. El sistema es capaz de ser sensible ante algún tipo de perturbación en el medio óptico, se puede detectar esta perturbación utilizando un detector de envolvente, tarea que se llevará a cabo de manera sencilla empleando la detección síncrona por muestreo vista anteriormente, así como introduciendo una pequeña modificación en el programa de control.

6.1 Sistema de adquisición con aislamiento por sonda óptica.

La orientación principal de esta primera aplicación es dotar al sistema de adquisición de datos de una función práctica básica, atendiendo al título del documento, la función principal para la que se ha planteado y desarrollado este conjunto de pruebas y estudios, es para conseguir un *sistema de adquisición de datos y transmisión por fibra óptica con aislamiento por sonda óptica hasta 20MHz basado en la tarjeta PDA14*.

En este apartado se realiza una recopilación sintética de los resultados obtenidos a lo largo de las pruebas y se determinan las conclusiones oportunas. Las novedades o características de esta aplicación residen en el empleo de fibra óptica para la transmisión de datos, que establecen la velocidad de transmisión en un valor elevado. Consúltese estas principales características sintetizadas en el apartado 2.2. La estructura diseñada para esta función se puede consultar en el anexo 9.3.2 Diagrama de bloques. *Aplicación 1: Sistema de adquisición con aislamiento por sonda óptica.*

Los resultados obtenidos a lo largo del documento determinaron que se obtenían las mejores prestaciones utilizando el circuito emisor que consta del módulo láser semiconductor, unido al circuito receptor (ambos amplificadores tienen prestaciones parecidas, véase apartado 4.3.3 y 4.3.4) y aplicándole una tensión de polarización inversa constante de 5V al fotodetector SFH250. Por lo tanto para una aplicación directa de transmisión de datos por fibra óptica a elevados anchos de banda, el usuario deberá tener en cuenta las siguientes condiciones:

Sistema dotado de ganancia -5dB y ancho de banda 20MHz.

- **Módulo láser V9323.**
- **Fibra óptica *multimodo* de 80cm y 125µm de diámetro.**
- **Circuito receptor LM6181.**
- **Módulo láser V9323:** Atendiendo a las características establecidas en su hoja de características para el resto de las condiciones de conexión del dispositivo (*Anexo 8.4*) se establecen los siguientes valores:
 - Alimentación negativa de -9V.
 - Intensidad suministrada de 75mA.
 - Señal sinusoidal modulada de 400mVpp de margen de frecuencia desde 200Hz hasta valores mayores de 20MHz.

- **Fibra óptica multimodo de 80cm:** Realizar un montaje que se encargue de alinear la fibra óptica con el haz de luz del láser. Véase apartado 4.2.2.
- **Circuito receptor LM6181:** Para cualquier duda consultar la hoja de características del amplificador LM6181 (Anexo 9.4). Realizar las siguientes alimentaciones sobre el circuito.
 - o Alimentación LM6181 simétrica de $\pm 5V$.
 - o Tensión *reverse* de 5V sobre el dispositivo SFH250 para la reducción de la capacidad de su condensador parásito interno.

Los resultados que obtenidos para estos valores de configuración y alimentación de los dispositivos son: **ancho de banda del circuito de 20MHz y ganancia del sistema a esas frecuencias de -5dB.**

Por último y para dar una información orientativa del comportamiento del sistema se adjunta en el Anexo 9.3.3 su diagrama de Bode. El diagrama de Bode se inicia a partir de la frecuencia de 100Hz, pues es el límite en el que el láser empieza a modular la señal, por lo tanto se posee información recopilada que describa el comportamiento a bajas frecuencias.

Así mismo se conoce el comportamiento del sistema desde 100Hz hasta 20MHz, a partir de esta frecuencia y partiendo de los análisis realizados en OrCAD llevados a cabo en el apartado 3.2.2, el sistema contiene un pequeño pico de resonancia según el condensador de realimentación C_f , a partir de este fenómeno la ganancia cae -20dB/dec.

6.2 Detección por muestreo síncrono.

Una posible aplicación consiste en la detección síncrona de la señal utilizando un reloj externo que a su vez esté sincronizada con la señal de entrada al circuito. La estructura diseñada para esta función se puede consultar en el anexo 9.3.2 Diagrama de bloques. Los elementos que utilizados son los siguientes:

- Sonda óptica: Se utilizan aquellos componentes que permitan el trabajo a altas frecuencias así como mayor fiabilidad de alimentación y empleo, estos son: Módulo láser V9323, fibra óptica, circuito receptor con OPA380 (la elección de este dispositivo se debe a la mayor facilidad de alimentación que posee, al margen de este detalle se podría emplear el LM6181 de la misma manera).
- Instrumentos de alimentación: Se utiliza un sintetizador de frecuencia programable para generar tanto la señal de reloj como la introducida en la entrada del circuito.

- Módulo PC. Se utilizará el PC que posee instalada la tarjeta de adquisición PDA14. La conexión es casi análoga a la llevada a cabo en la aplicación base, añadiendo únicamente la entrada del reloj.

Antes de proceder a ejecutar la aplicación principal, se han realizado dos pruebas. La primera prueba trata una conexión básica entre el sintetizador y la tarjeta de adquisición, de esta manera se observa una primera adquisición de la señal utilizando reloj externo.

Para llevar a cabo esta prueba se realizan algunas modificaciones en la configuración de la tarjeta.

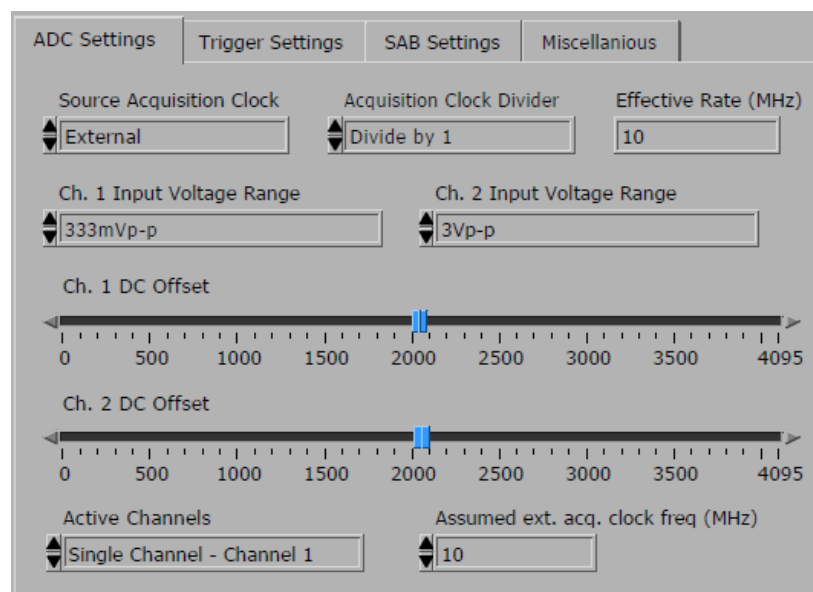


Fig 61. Detalle del panel de configuración de la tarjeta de adquisición PDA14.

En la Fig 61 se observa el panel de control de las configuraciones disponibles de la tarjeta PDA14. Para esta prueba se indica en el recuadro *Source Acquisition Clock* la opción *External*, esta opción indica a la tarjeta que utilice la señal introducida por el terminal *Clock* como reloj de la tarjeta. Existe la posibilidad de introducir un valor de reloj a asumir, indicando el valor de frecuencia de la señal en *Assumed ext.acq. clock freq(MHz)*, aunque esta acción solo tiene una función orientativa para el usuario.

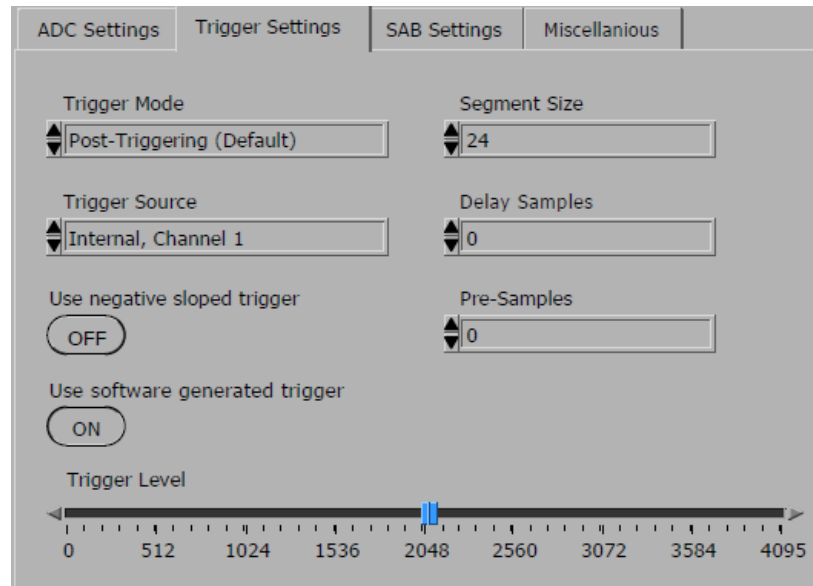


Fig 62. Detalle del panel de configuración del disparo.

Por otro lado, en una pestaña diferente pero en el mismo panel, según indica la Fig 62, se modifica el valor de *Use software generated trigger* a *ON*. Esta opción permite ejecutar el disparo de la señal por software, lo cual se usa para capturar la señal adquirida.

Prueba 1: Sintetizador – PDA14: Consiste en una prueba sencilla que conecta directamente (prescindiendo de la circuitería de transmisión) el sintetizador con la tarjeta de adquisición. Esta prueba calibra la conexión entre el PC y el sintetizador (9.3.2 Diagrama de bloques. *Aplicación 2.A: Detección por muestreo síncrono.*

El análisis debe centrarse en aspectos como el posible desfase u atenuación provocada por el sintetizador o simplemente por efecto de los propios cables. Dentro de esta prueba, se utilizan dos conjuntos de frecuencia:

- Señal CLK: 300mVpp
Señal Senoidal
40MHz
- Señal modulada: 300mVpp
Señal senoidal
20MHz

La elección del valor de frecuencia de la señal modulada está establecida en 20MHz, debido a que este es el valor máximo con el que se han obtenido resultados con la sonda óptica. En cuanto al valor de la frecuencia de reloj (*clock*), se ha situado en 40MHz, cumpliendo la restricción propia de la tarjeta de adquisición PDA14, que indica que la frecuencia de reloj deber ser superior o igual

a 30MHz[13]. Los cruces por cero de la señal de reloj coinciden con los máximos y mínimos de la señal introducida por el canal 1.

La señal capturada en estas condiciones presenta una atenuación . Esto puede deberse a dos razones: a la atenuación introducida por la tarjeta en el canal 1 para la frecuencia de entrada de 20 MHz si bien sus especificaciones indican un ancho de banda hasta 50MHz. Por otra parte, la razón más probable es el desfase entre la señal muestreada sincronamente y el reloj utilizado para tal fin. Por este motivo se realiza un ajuste del desfase en el esquema de adquisición síncrona.

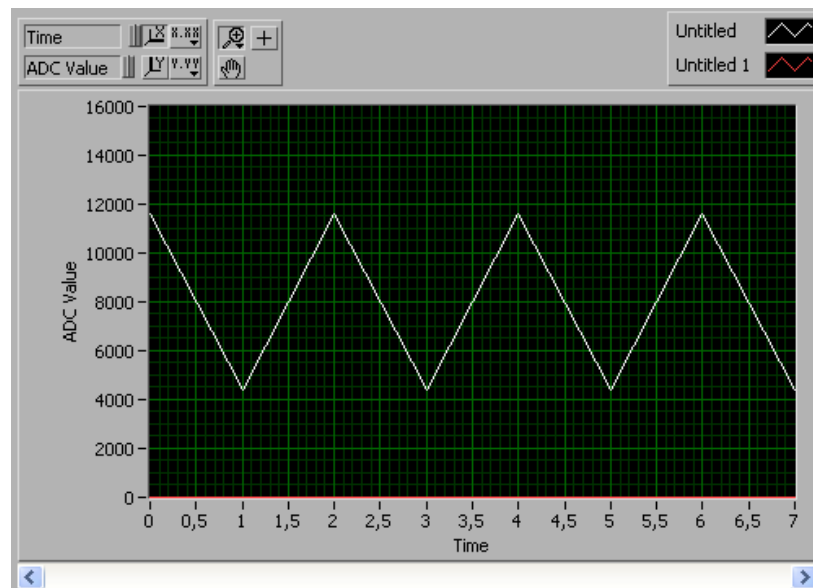


Fig 63. Forma de onda obtenida con desfase adicional de 0 grados.

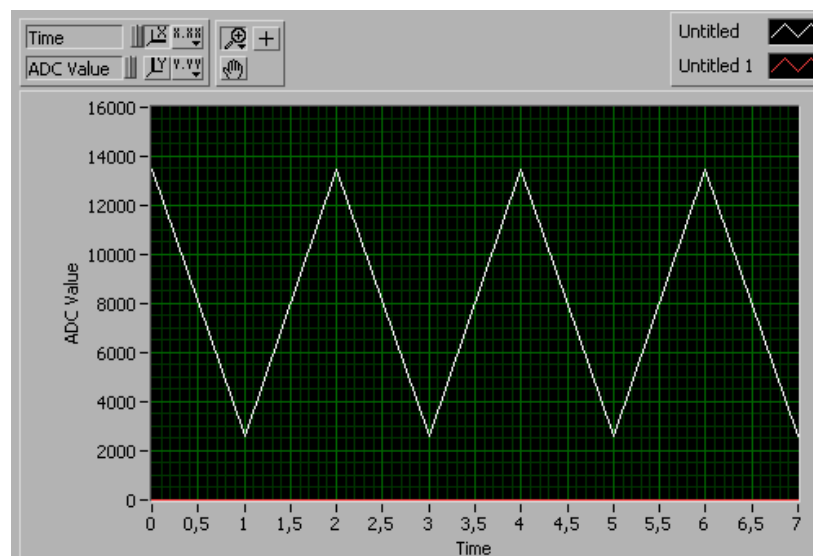


Fig 64. Forma de onda para un desfase adicional de 20 grados.

La Fig 64 nos muestra la señal capturada con 20 grados de desfase aplicados a la señal modulada con respecto a la señal de reloj. La onda que se obtiene posee mayor amplitud, mientras que la forma sinusoidal de la señal inicial se pierde debido a que hay 2 muestras por período.

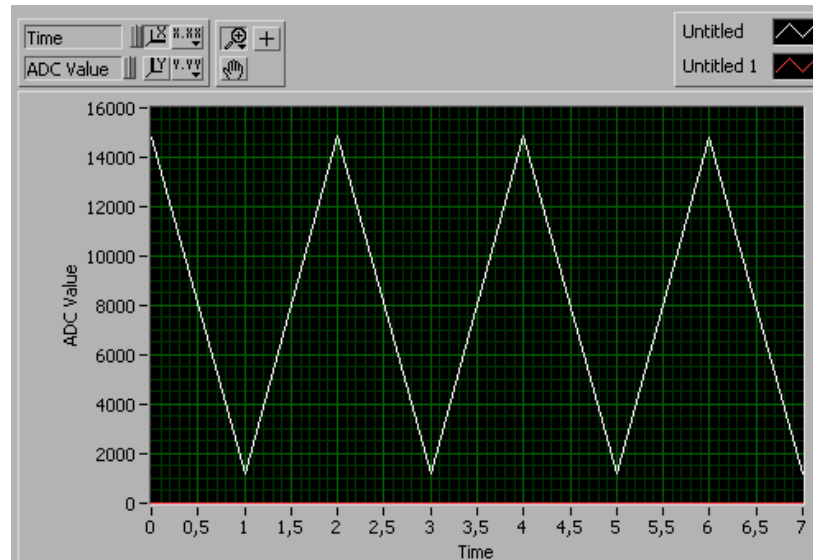


Fig 65. Forma de onda para un desfase adicional de 45 grados.

Para un desfase de 45 grados la magnitud de la señal adquirida alcanza los 300mVpp esperados.

A continuación se realiza una prueba análoga con las siguientes condiciones:

- Señal CLK: 300mVpp
Señal Sinusoidal
40MHz
- Señal modulada: 300mVpp
Señal sinusoidal
10MHz

En este caso la señal modulada será de una frecuencia cuatro veces menor. La detección síncrona de la señal de entrada no es más que la detección de la fase de la misma con respecto a la señal de reloj. Capturar la señal a través de un reloj síncrono de frecuencia cuatro veces mayor facilita la posterior detección de la información, pues proporciona intrínsecamente muestras consecutivas con una relación permanente de desfase de 90 grados entre ellas[13]. A partir de la señal de la Fig 66 es posible obtener mediante diezmado cuatro señales desfasadas 90 grados.

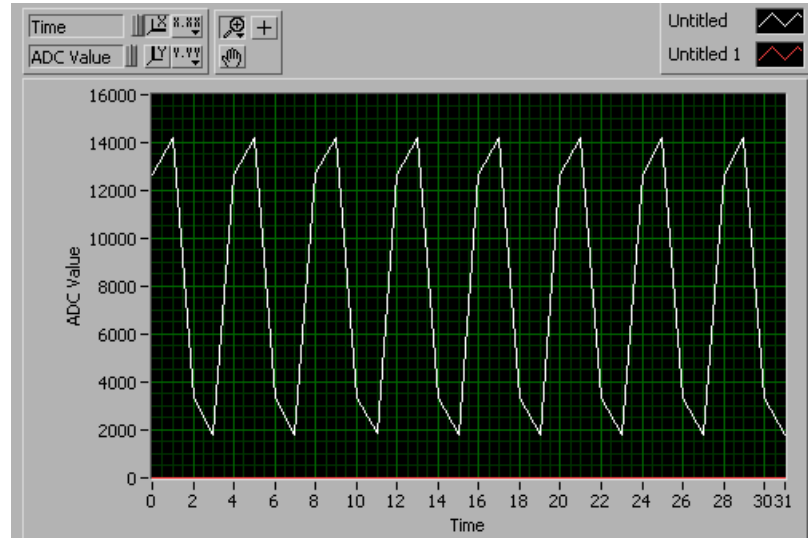


Fig 66. Forma de onda obtenida para una frecuencia de 10MHZ de la señal modulada.

Prueba 2: Sintetizador – Sonda óptica – PDA14: Se introduce la sonda óptica entre el canal que genera la señal modulada del sintetizador de frecuencia y la entrada al canal 1 de la tarjeta de adquisición. Mientras, se deja intacta la conexión que representa el reloj. *Obsérvese Diagrama de bloques. 9.3.2, Aplicación 2B: Detección por muestreo síncrono intercalando la sonda óptica.*

Atendiendo a los resultados obtenidos en la aplicación 1, se conoce que la señal de entrada sufrirá unas pérdidas de inserción de -5dB por la sonda óptica.

A partir de las nuevas condiciones, se realizan las mismas pruebas que en el caso anterior, es decir, se modifica la frecuencia de la señal de entrada, de 20 a 10MHz.

En la Fig 67 y Fig 68 se presentan los resultados para los mismos casos de desfase adicional que en el caso anterior sin sonda óptica. Se observa que la sonda introduce un desfase adicional a las frecuencias de trabajo de 10 MHz y 20 MHz. Este se compensa mediante calibración previa.

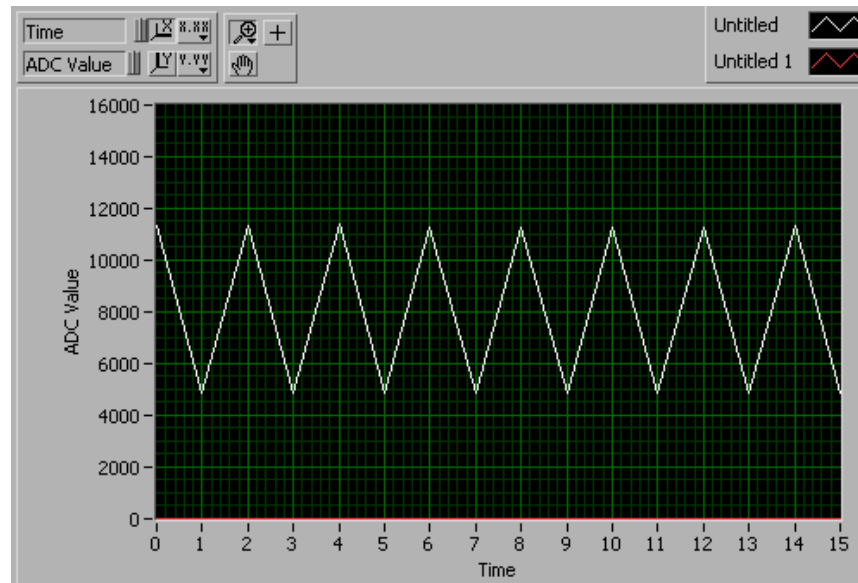


Fig 67. Señal obtenida para un desfase de 20 grados (con sonda óptica).

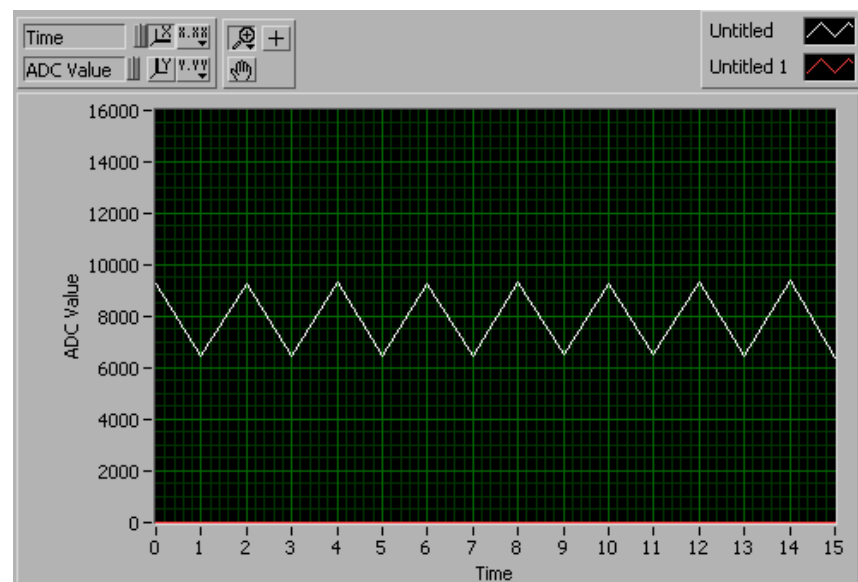


Fig 68. Señal obtenida para un desfase de 45 grados (con sonda óptica).

Para la prueba utilizando la frecuencia de la señal modulada cuatro veces inferior a la del reloj, se tiene un resultado análogo al obtenido sin sonda óptica.

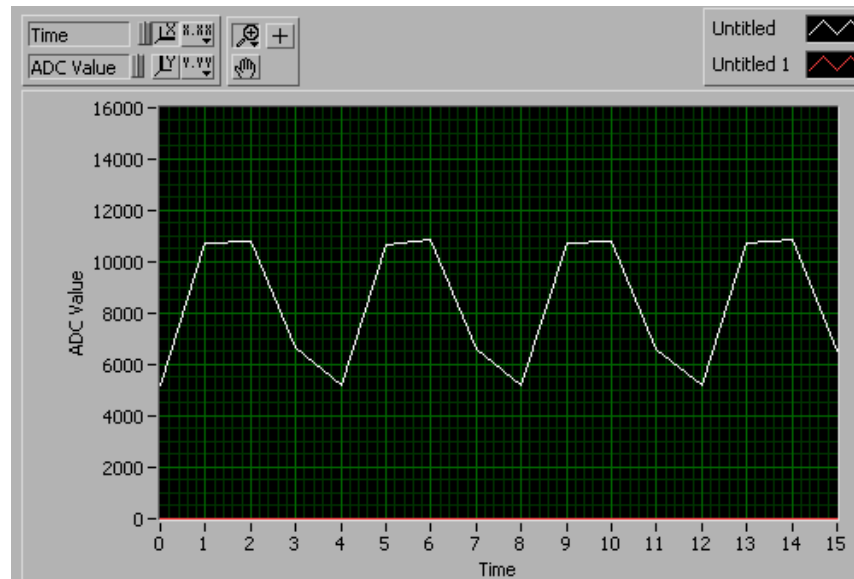


Fig 69. Mínimo valor de la onda de salida para la frecuencia de la modulada de 10MHz.

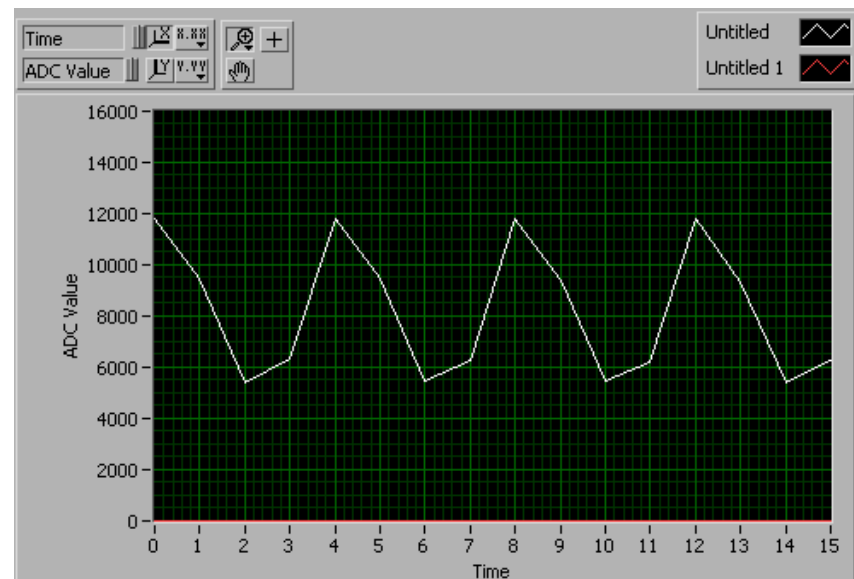


Fig 70. Máximo valor de la onda adquirida en las condiciones descritas.

En definitiva, utilizando un reloj externo síncrono con la señal de entrada, se puede capturar la señal y mostrarla en pantalla para la calibración del muestreo síncrono mediante el ajuste del desfase. A partir de las mismas se obtienen directamente las señales de interés mediante diezmado, tal y como se presentan en el siguiente ejemplo de aplicación.

6.3 Sensor óptico.

Para simular un ejemplo de sensor óptico se utiliza el acoplamiento entre el láser y la fibra óptica como principio sensor de vibraciones. Véase Diagrama de bloques.9.3.2, Aplicación 3: Sensor óptico.

En este caso se emplea un pequeño altavoz que, alimentado y anclado al terminal de la fibra óptica, es capaz de transmitirle una vibración.

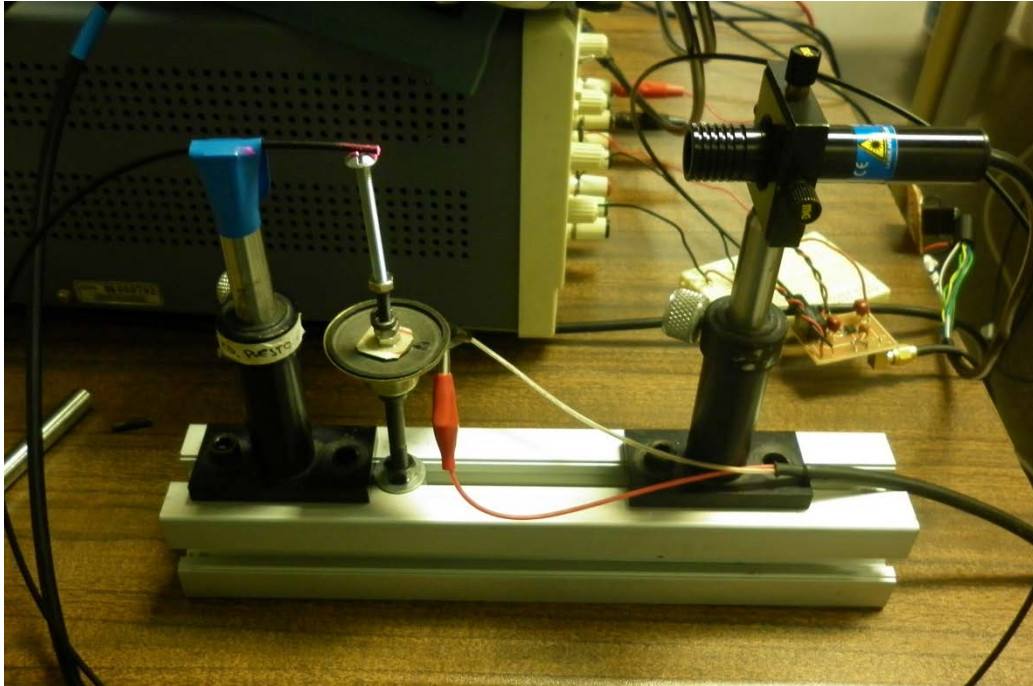


Fig 71. Montaje completo del ejemplo de aplicación como sensor óptico obsérvese la introducción del altavoz encargado de producir las perturbaciones a detectar.

Esta perturbación afectará directamente al alineamiento existente entre el módulo láser y el extremo de la fibra óptica, produciendo variaciones en la potencia lumínica acoplada a la fibra, que se traducen en variaciones de intensidad y, a su vez, en variaciones en la tensión de salida del circuito.

Se introduce en el sistema una señal modulada de 10MHz Y 300mVpp, una señal de reloj de 40MHz de la misma amplitud y sincronizada con la anterior y, por último, una señal sinusoidal de 200Hz al altavoz. Al tratarse de variaciones de baja frecuencia, para apreciar en la envolvente un periodo de la señal de vibraciones se necesita mostrar una escala temporal con gran cantidad de ciclos de la señal de 10 MHz (figura 69).

Si se observa la tensión de salida del circuito se puede notar que la forma de onda contiene una pequeña envoltura en su parte superior e inferior. Esta envoltura mide las perturbaciones introducidas por el altavoz.

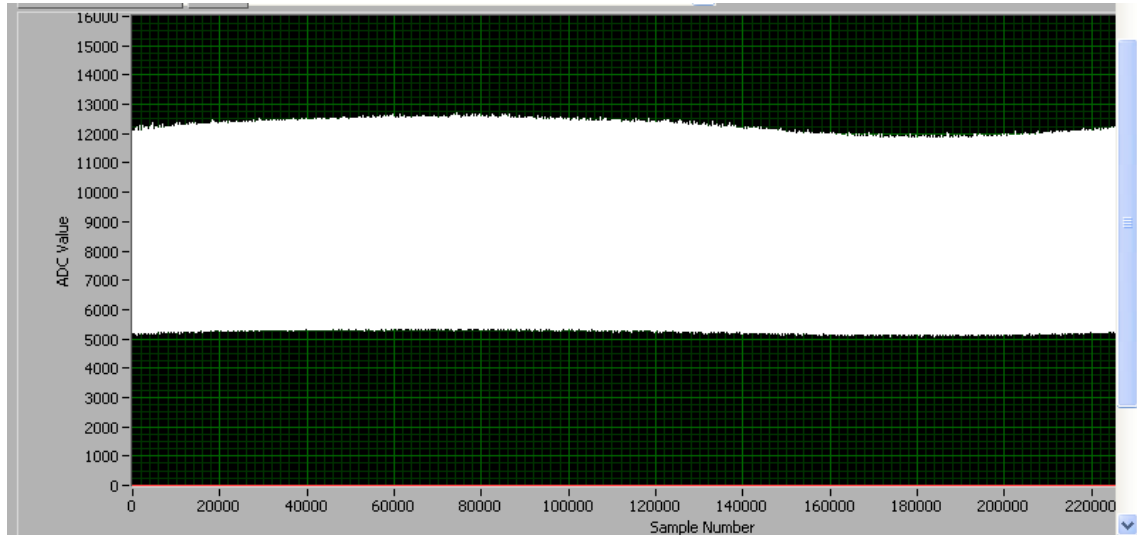


Fig 72. Señal portadora de la envoltura del ruido provocado.

Teniendo en cuenta este fenómeno y aprovechando la sincronización del reloj y la señal de modulación del láser, se puede caracterizar el perfil de vibración del altavoz o, lo que es lo mismo, obtener la envoltura de la señal. Para ello se ha realizado una aplicación en *LabVIEW* que sea capaz de obtenerla.

Instrumento virtual para la detección de envoltura.

Al utilizar muestreo síncrono la tarea de detección de envoltura se reduce a tomar de la señal capturada una de cada cuatro muestras haciéndolas coincidir con los máximos de la de frecuencia 10 MHz. Como se posee mucha información sobre la onda (se emplean 40 MSps para obtener información de una señal de 200Hz) se utilizará un bloque en *LabVIEW* que permita capturar los puntos cada *N* veces (diezmado).

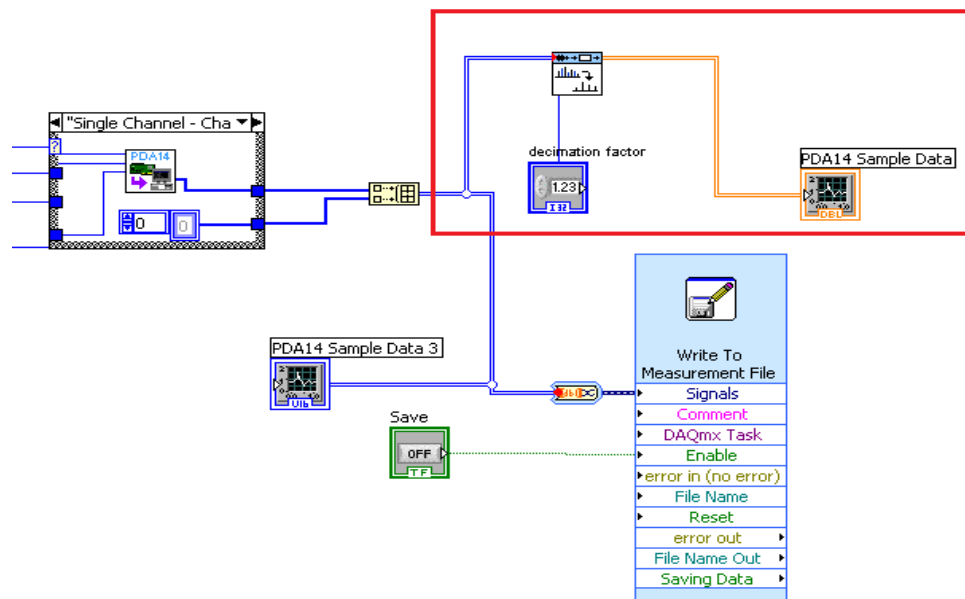


Fig 73. Esquema de los bloques encargados de detectar la envolvente.

Se emplea el instrumento *SI Down Sampling.vi* que tiene como entrada la señal adquirida sincronamente por la tarjeta y da como salida las muestras tomadas cada N posiciones (donde N es seleccionable y en este caso múltiplo de 4). Los puntos de la señal resultante reconstruyen la envolvente (Fig 74). Adicionalmente, como se ha discutido en el apartado 6.2 es posible obtener la envolvente mostrada en los mínimos de la señal de 10 MHz (desfasada 180 grados con respecto a la de la Fig 74), así como, de forma general, obtener 4 salidas desfasadas 90 grados entre sí. Aunque se ha empleado una vibración de frecuencia 200 Hz, la frecuencia máxima que se podría reconstruir es 5 MHz (criterio de Nyquist). Imponiendo la condición de 10 muestras por semiperíodo para las medidas en tiempo real, la frecuencia máxima detectada sería 500 kHz.

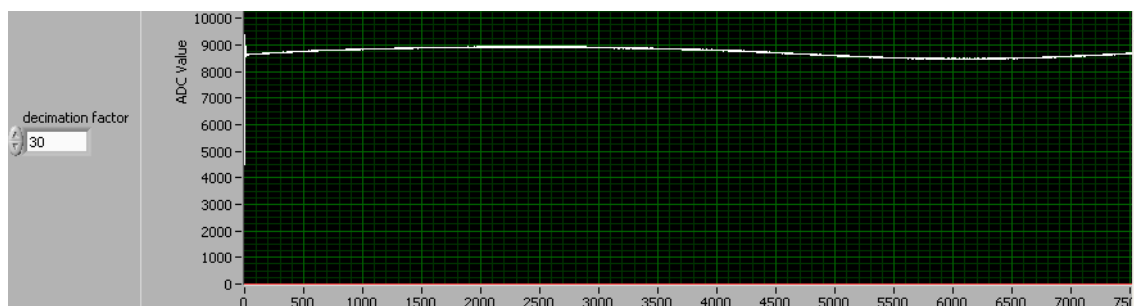


Fig 74. Detección de la envolvente que describe la medida de vibración .

7 Conclusiones.

A lo largo del proyecto se ha llevado a cabo el desarrollo de un *Sistema de adquisición de datos con aislamiento por sonda óptica hasta 20MHz basado en la tarjeta PDA14*. Los objetivos planteados en el capítulo 1 son el desarrollo de una sonda óptica formada por un bloque de transmisión, aislamiento por fibra óptica y un bloque de detección diseñado para funcionar a decenas de MHz; por otra parte, el desarrollo del software de gestión, almacenamiento y control basado en la tarjeta de adquisición PDA14 y en instrumentación virtual en LabVIEW. Adicionalmente a la función básica del sistema de adquisición se planteó adaptar el instrumento virtual para albergar otras funcionalidades como el muestreo síncrono y el registro de datos.

Se ha presentado el desarrollo de la sonda óptica a partir del análisis y diseño de los bloques de emisión y de detección. Algunos de los resultados obtenidos muestran limitaciones en el ancho de banda conseguido con respecto al planteamiento inicial (20 MHz), así como en la atenuación resultante (-5 dB). En un principio se situó la frecuencia de trabajo de la sonda óptica en decenas de MHz para poder alcanzar hasta 50 MHz (ancho de banda de adquisición de la tarjeta PDA14) y ganancia unidad. El circuito receptor (conjunto fotodiodo-amplificador) es el más restrictivo, por lo que se han comparado varios diseños del mismo.

Por otra parte, se ha realizado la puesta en marcha del sistema de adquisición con la tarjeta digitalizadora PDA14 e instrumentación virtual en LabVIEW. Esta parte de control de la adquisición y tratamiento de la señal adquirida resulta de gran utilidad para la implementación de diferentes esquemas de instrumentación. Inicialmente se ha empleado para la adquisición de datos a la salida de la sonda óptica y su visualización en pantalla. En segundo lugar se ha enfocado hacia esquemas de detección síncrona. Esta funcionalidad se ha desarrollado contando adicionalmente con el uso de un sintetizador de frecuencias. Con ambos componentes se han probado esquemas de instrumentación con muestreo síncrono, particularmente para sensores ópticos. Para ello se ha adaptado el código del instrumento virtual de control de la tarjeta PDA14.

Por último, los resultados obtenidos avalan la funcionalidad del sistema para su utilización en diferentes sistemas de instrumentación y el sistema desarrollado puede tratarse como un bloque básico compacto. Si bien la aplicación principal del sistema con sonda óptica está orientada a medidas en entornos hostiles que requieren aislamiento, los bloques de emisión y detección óptica y la modulación y detección síncrona permiten su aplicación en sensores y sistemas de instrumentación optoelectrónicos generalizados.

Como trabajo futuro se plantea ampliar el ancho de banda de la sonda óptica sustituyendo los componentes utilizados de bajo coste por un módulo receptor integrado hasta alcanzar el máximo especificado para la tarjeta PDA14 (50MHz). No obstante, el actual prototipo de sonda óptica de bajo coste resulta adecuado para aplicaciones con múltiples canales de adquisición, como por ejemplo la detección muti-punto de emisiones acústicas en tiempo real (frecuencia hasta 500 kHz).

En cuanto al empleo de la tarjeta de adquisición PDA14 con muestreo síncrono de señales ópticas la principal propuesta de trabajo futuro se orienta a la demodulación de sensores ópticos interferométricos. En este caso la detección síncrona se emplea como detector de fase con múltiples salidas en cuadratura (desfasadas 90 grados) como las analizadas en los ejemplos de aplicación de este proyecto.

8 Referencias.

- [1] Miguel A.Perez García, Juan C. Álvarez Antón, Juan C. Campo Rodríguez, Fco. Javier Ferrero Martín, Gustavo J. Grillo Ortega. *Instrumentación Electrónica*. Thomson. ISBN: 84-9732-766-9. Capítulo 25: *Sistema de adquisición de datos*.
- [2] SFH_Phdiodes_Infineon_58028, "The partner for optical data transmission POF Transceiver", Infineon Technologies.
- [3] Laser Diodes Modules, 106013S, es.rs-online.com
- [4] Walt Jung. *Op Amp Applications Handbook*. Elsevier Inc. ISBN: 978-0-7506-7844-5. Chapter 1: *Op amp basics*..
- [5] Recommendations for use, 106013S, es.rs-online.com
- [6] Modulated Laser Diode Modules, 106013S, es.rs-online.com
- [7] Walt Jung. *Op Amp Applications Handbook*. Elsevier Inc. ISBN: 978-0-7506-7844-5. Chapter 4, Section 4-1: *Sensor signal conditioning*.
- [8] http://www.ece.unm.edu/~jimp/650/doc/ekarat_layout_plus_tut.pdf, "Layout Plus Tutorial", EkaratLaohavaleeson.
- [9] Cadence, "OrCAD Layout Footprint Libraries", Cadence PCB Systems Division 13211 SW 68th Parkway, Suite 200. Portland, OR 97233.
- [10] Signatec Incorporated, "PDA14 LabVIEW Support Reference", Corona, California, USA. Revision 1.02 – November 28, 2005.
- [11] National Instruments, LabVIEW. "Introduction to LabVIEW 8 in 6 hours", www.ni.com
- [12] Signatec, Incorporated. "Signatec PDA14 Operator's Manual". 359 San Miguel Drive, Suite 300, Newport Beach, California 92660 USA, Revision 1.08 - June 30, 2006.
- [13] Miguel A.Perez García, Juan C. Álvarez Antón, Juan C. Campo Rodríguez, Fco. Javier Ferrero Martín, Gustavo J. Grillo Ortega. *Instrumentación Electrónica*. Thomson. ISBN: 84-9732-766-9. Capítulo 21: *Modulación y demodulación*.

9 ANEXOS

9.1 PLIEGO DE CONDICIONES

Las condiciones a satisfacer por los componentes utilizados vienen en el anexo 8.4 catálogos con sus hojas de características.

A parte de estos materiales se hace indispensable el uso de los siguientes materiales e instrumentos:

Hardware:

- Microprocesador AMD doble núcleo de 2.1GHz y 4GB de RAM
- Placa base dotada con puerto PCI.
- Tarjeta de adquisición digitalizadora PDA14 de *Signatec*.

Software:

- Plataforma de programación virtual *LabVIEW* versión 8.6.

9.2 PRESUPUESTO

9.2.1 ÍNDICE

C1 CIRCUITO RECEPTOR

C2 CIRCUITO EMISOR

C21 CIRCUITO EMISOR LED

C22 MÓDULO LÁSER

C3 MATERIALES DE TRANSMISIÓN

C4 ANÁLISIS Y CONTROL

PRESUPUESTO

Sistema de adquisición de datos y transmisión óptica para trabajo en entornos hostiles.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO C1 CIRCUITO RECEPTOR					
C101	AMPLIFICADOR LM6181 Amplificador de corriente. Hasta 100MHz de ancho de banda para alimentación de +15 y -15V. Encapsulado SMD.	Ud	1	3,42	3,42
C102	AMPLIFICADOR OPA380 Amplificador de transimpedancia. Alimentación asimétrica de +5V. Ancho de banda de 90MHz. Modelo de encapsulado SMD.	Ud	1	7,6	7,6
C103	FOTORECEPTOR SFH250 Posee una apertura de 2.2 mm para introducir la fibra de plástico. Comprende rangos de emisión desde 650nm. Tiempos de crecida y bajada de 0.01µs.	Ud	2	19,85	39,7
C104	RESISTENCIAS SMD Resistencias de montaje superficial de 1KΩ y potencia 1/4 de watio.	Ud	2	0,036	0,072
C105	CONDENSADORES CERÁMICOS DE DESACOPLO Condensadores cerámicos de 100nF y 100V de tensión máxima.	Ud	4	0,153	0,612

C106	PLACAS DE COBRE				
	Placa de cobre de 100x160 y grosor 1.6mm				
		Ud	1	5,35	5,35
C107	CONECTORES SMA				
	Conectores SMA hembra con codo, chapados en oro para montaje en PCB. Frecuencia de funcionamiento 0-18GHz.				
		Ud	2	5,67	11,34
TOTAL CAPÍTULO C1 CIRCUITO RECEPTOR					50,792

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO C2 CIRCUITO EMISOR					
SUBCAPÍTULO C21 CIRCUITO EMISOR LED					
C211	EMISOR LED SFH756 Emisor IR de 660nm. Alimentado con 50mA y potencia 200μW, posee un hueco de 2.2 mm para alojar la fibra de plástico.	Ud	1	10,58	10,58
C212	RESISTENCIAS CERÁMICAS Conjunto de 5 resistencias cerámicas de 1/4 de potencia y valor 116Ω.	Ud	10	0,23	2,3
C213	CONDENSADORES ELECTROLÍTICOS Condensadores electrolíticos de construcción radial de 33μF y tensión máxima de 400V.	Ud	5	0,42	2,13
C214	PLACA DE COBRE PERFORADA Placa de cobre perforada de 220x104mm, espesor de 1.5mm y orificios de 1mm de diámetro.	Ud	1	8,18	8,18
TOTAL SUBCAPÍTULO C21 CIRCUITO EMISOR LED					23,19

SUBCAPÍTULO C22 MÓDULO LÁSER

C221	MÓDULO LÁSER V9323 Módulo láser de 3mW y pico de longitud de onda de 785nm. Modulación analógica o digital a frecuenciad de 100MHz - 50MHz.
------	--

9. Anexos

		Ud	1	225,15	225,15
C222	CONECTOR BNC				
	Conector <i>BNC</i> hembra con chapado del cuerpo en níquel y chapado de los contactos en oro.				
	Impedancia asociada de 50Ω.				
		Ud	1	3,99	3,99
C223	DIODO 1N4148				
	Diodo de conmutación. Corriente de directa de continua máxima de 0.2A. Tensión directa de pico de 1V.				
		Ud	1	0,03	0,03
C224	JUMPERS				
	Conectores jumpers con chapado de los contactos de estaño sobre níquel, 1 fila de 20 conectores aislados entre sí. Paso de 2.54mm y profundidad de 6.35mm.				
		Ud	57		0,092
C225	BANANAS				
	Conectores tipo banana macho estándar de latón y 4mm de diámetro del conector de latón.				
		Ud	2	0,458	0,916
TOTAL SUBCAPÍTULO C22 MÓDULO LÁSER					230,178
TOTAL CAPÍTULO C2 CIRCUITO EMISOR					253,368

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO C3 MATERIALES DE TRANSMISIÓN					
C301	FIBRA ÓPTICA Fibra óptica multimodo de 125µm y longitud 10m.				
		Ud	1	86,59	86,59
C302	CABLE DE COBRE Carrete de cable de cobre templado en estaño de 0,38mm² de área trasnversal, unipolar y con recubrimiento de PVC no apantallado.				
		Ud	1	37,1	37,1
C303	ESTAÑO Carreta de estaño con un porcentaje de cobre del 0.1-1% y porcentaje de contenido de flujo de 2.7%. Grosor de 0,23mm y 500m de longitud.				
		Ud	1	40,64	40,64
C304	CABLES SMA-BNC Cables de 2m de longitud con terminales en SMA macho y BNC macho. Aislamiento del cable en PVC.				
		Ud	2	28,5	57
TOTAL CAPÍTULO C3 MATERIALES DE TRANSMISIÓN					221,33

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO C4 ANÁLISIS Y CONTROL					
C401	TARJETA DE ADQUISICIÓN PDA14 Tarjeta de adquisición de datos con dos canales para adquirir muestras a 100MHz cada canal. Resolución de 14bits de conversión A/D. Ancho de banda en continua de 50MHz. Posee 512MB de memoria. Conexión PCI.	Ud	1	5500	5500
C402	PC Ordenador AMD doble núcleo de 2,1GHz de velocidad, tarjeta gráfica NVIDIA GeForce 6200 y 4GB de memoria RAM. Placa base dotada con 1 puerto PCI.	Ud	1	450	450
C403	LICENCIA LABVIEW Licencia para el uso de LabVIEW 8.6.	Ud	1	779	779
TOTAL CAPÍTULO C4 ANÁLISIS Y CONTROL					6729

PRESUPUESTO - RESUMEN

Sistema de adquisición de datos y transmisión óptica para trabajo en entornos hostiles.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	IMPORTE	%
c1	CIRCUITO RECEPTOR	50,79	0,700118
c2	CIRCUITO EMISOR	253,37	3,492596
c3	MATERIALES DE TRANSMISIÓN	221,33	3,050938
c4	ANÁLISIS Y CONTROL	<u>6729</u>	92,75635

TOTAL: 7254,49

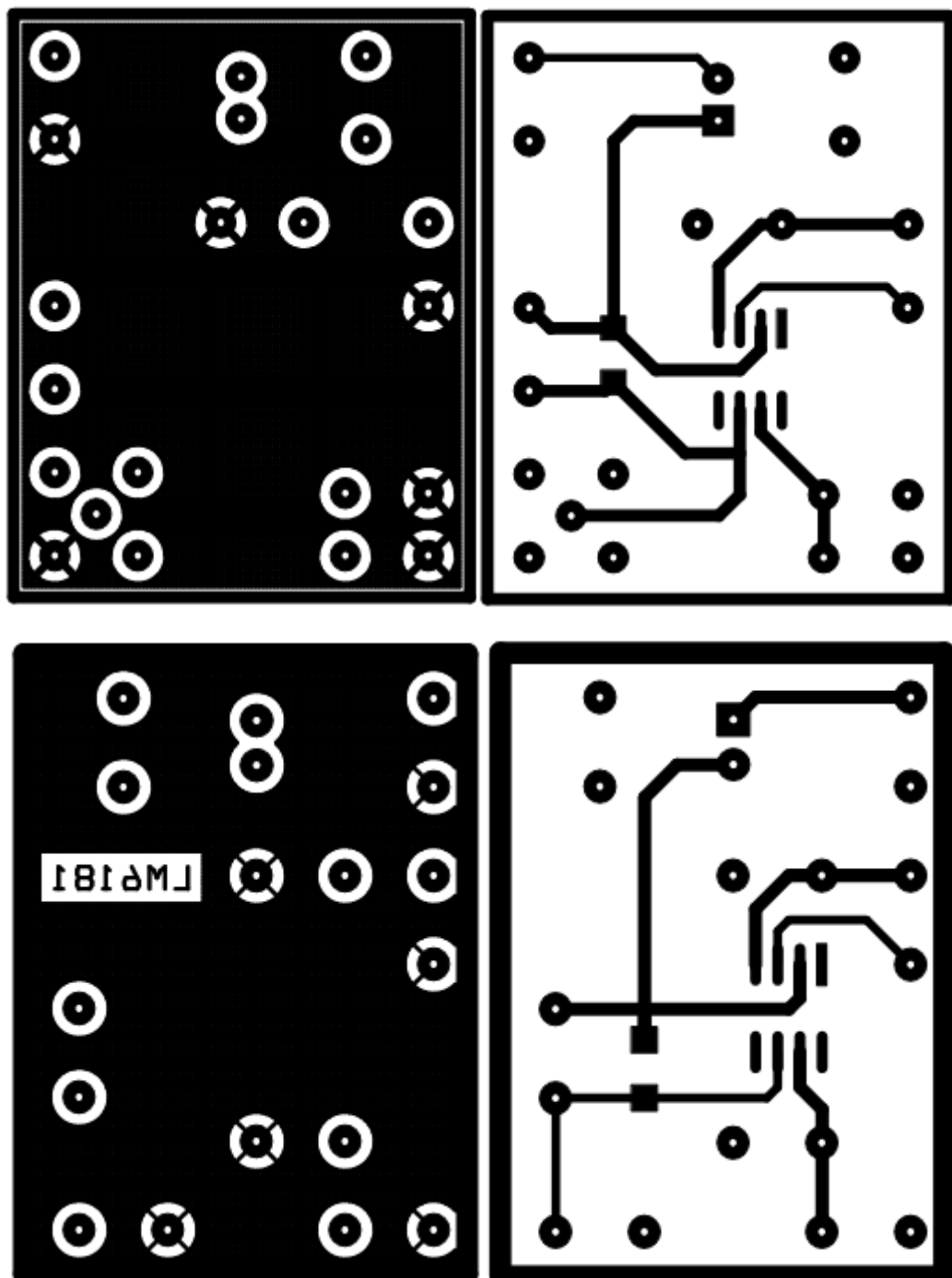
Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de SIETE MIL DOSCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS Y CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

Leganés, a 9 de Octubre del 2011

9.3 PLANOS

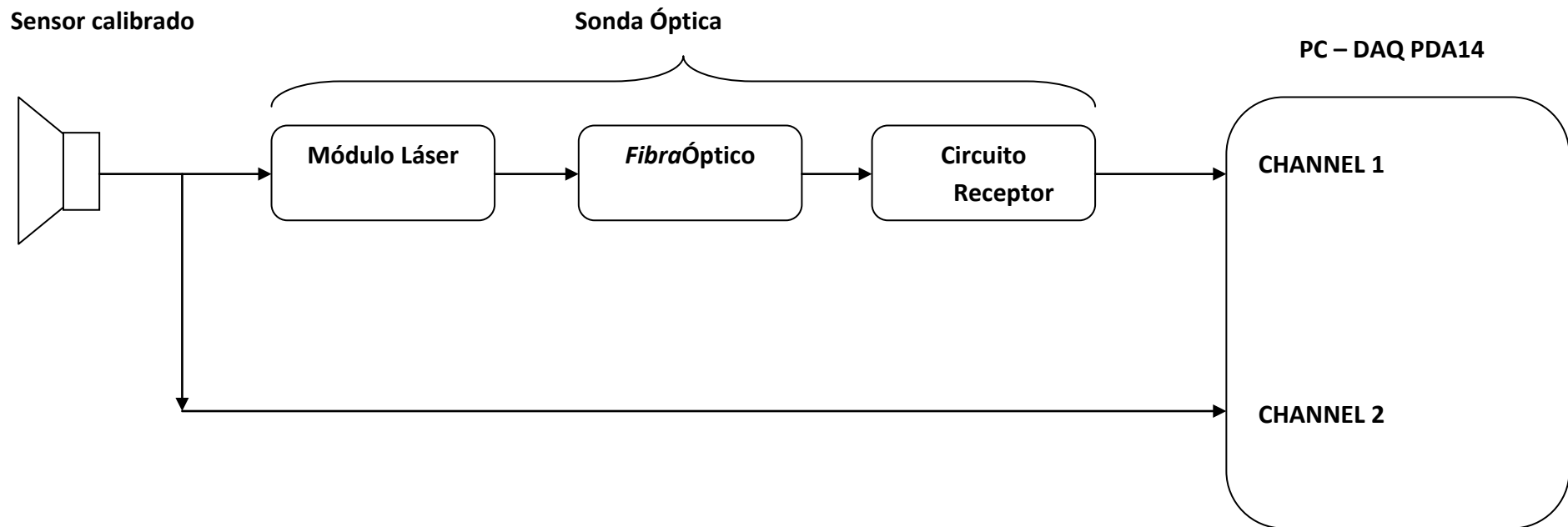
9.3.1 PCBs

Capas *TOP* (derecha) y *BOTTOM* para generar los fotolitos del circuito receptor con *OPA380* (arriba) y *LM6181* (abajo).

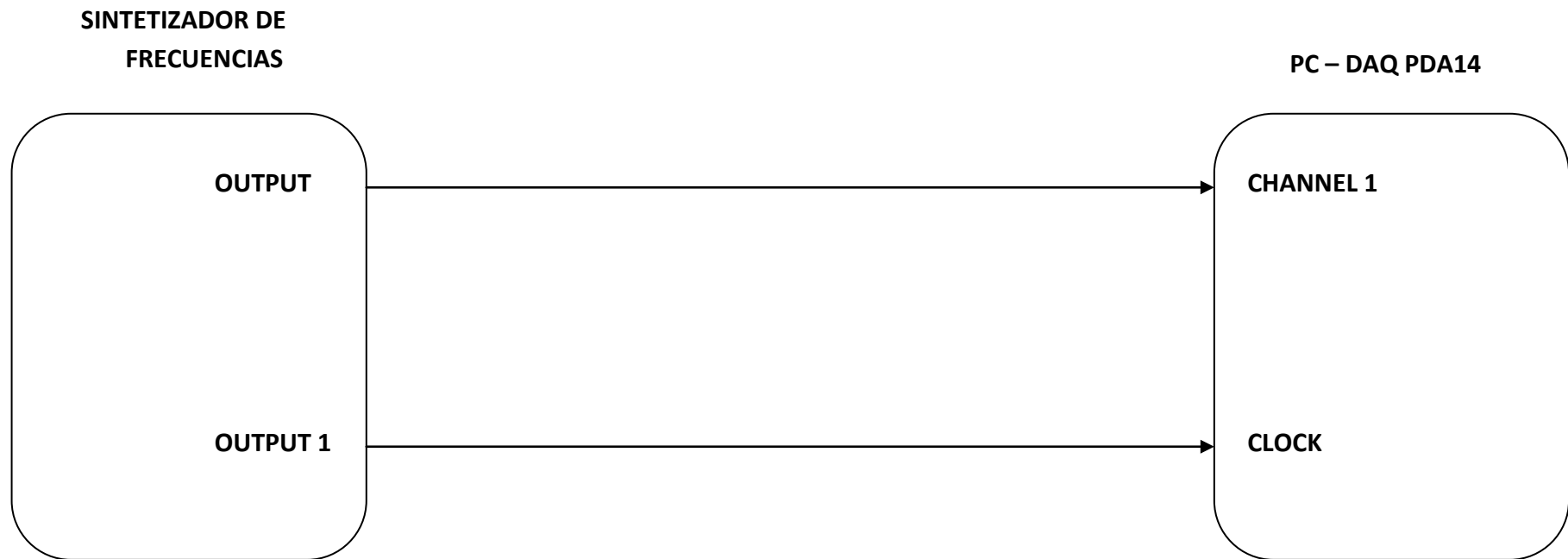


9.3.2 Diagrama de bloques.

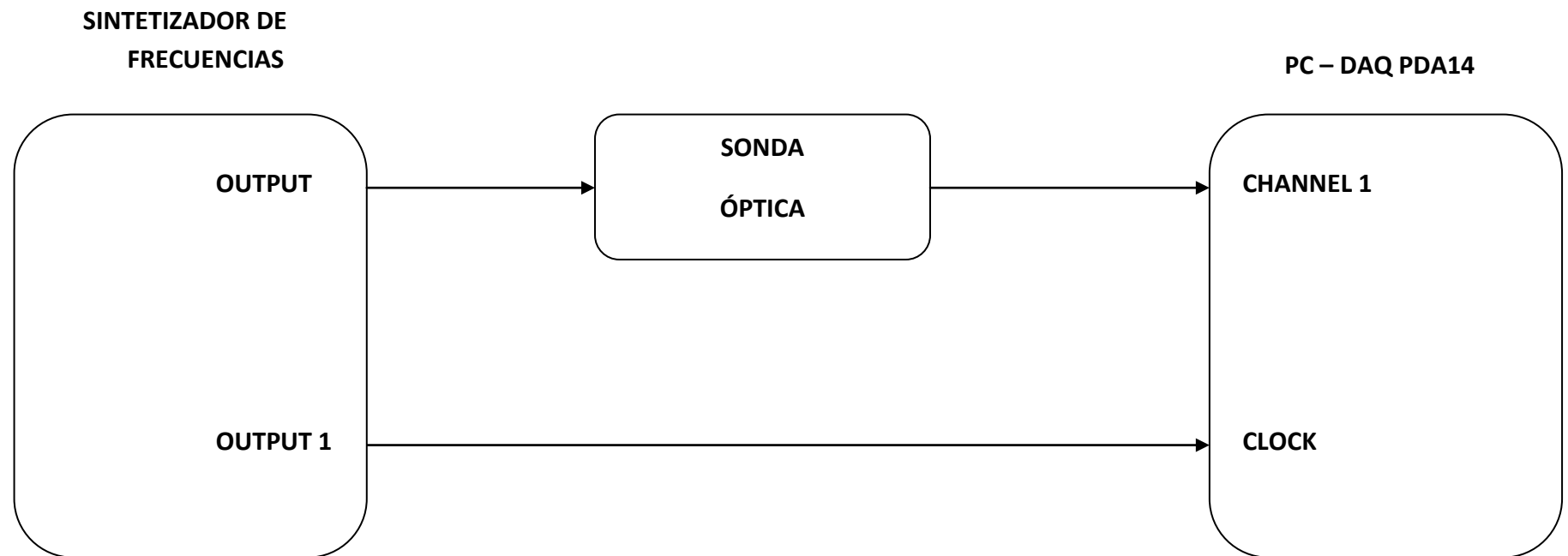
Aplicación 1: Sistema de adquisición con aislamiento por sonda óptica.



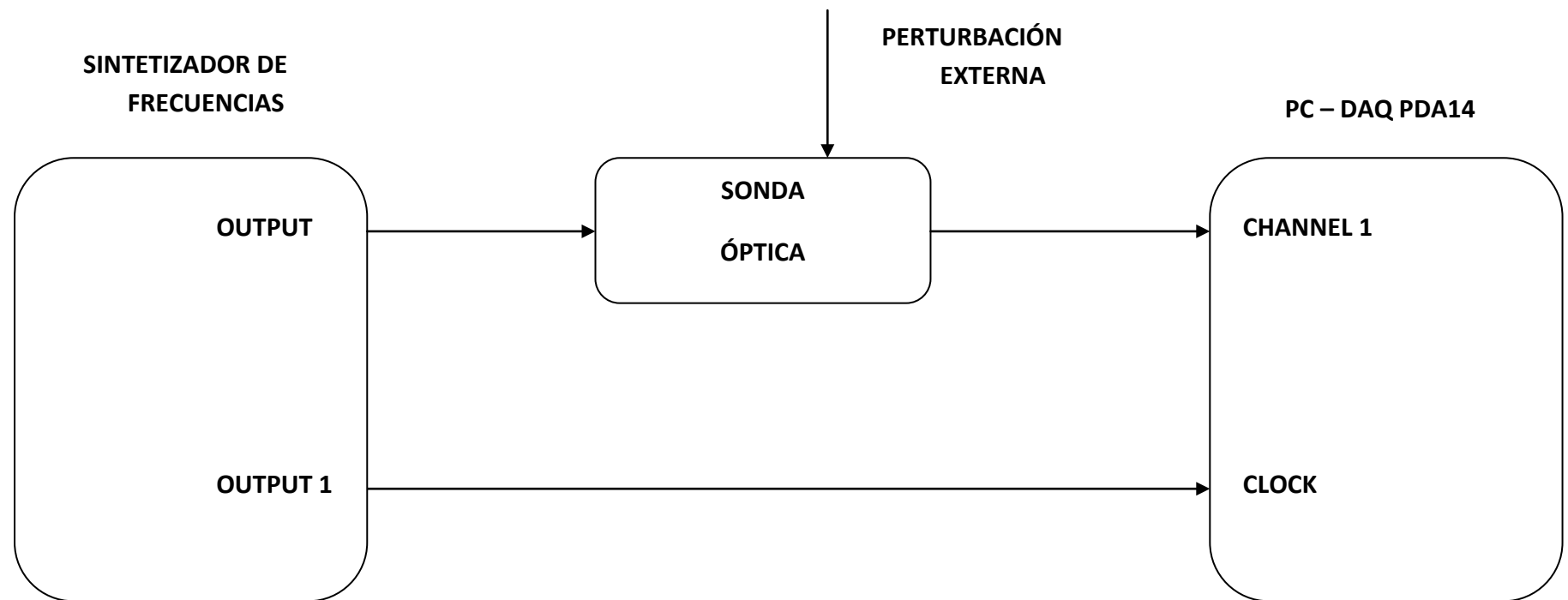
Aplicación 2.A: Detección por muestreo síncrono.



Aplicación 2B: Detección por muestreo síncrono intercalando la sonda óptica.

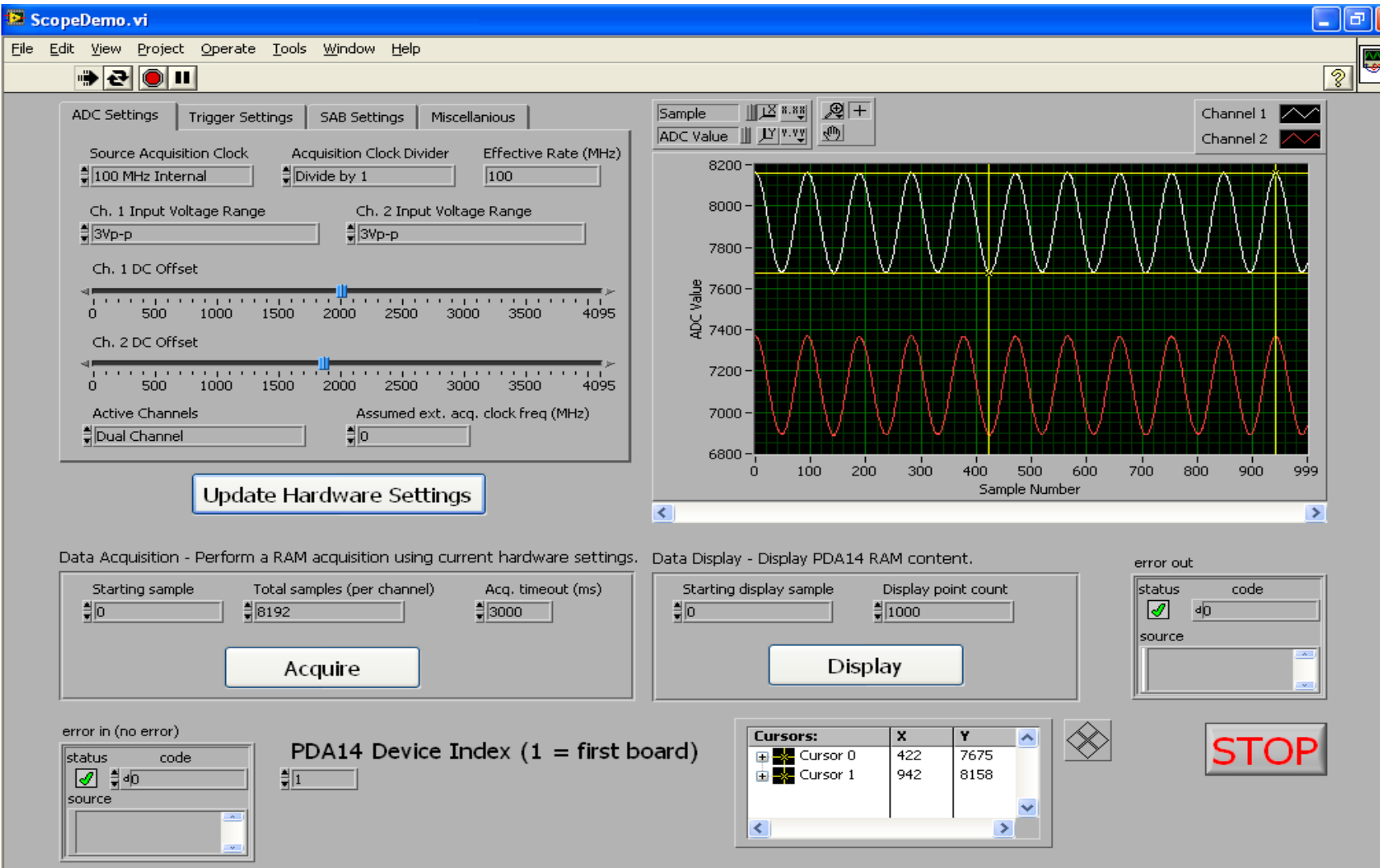


Aplicación 3: Sensor óptico.

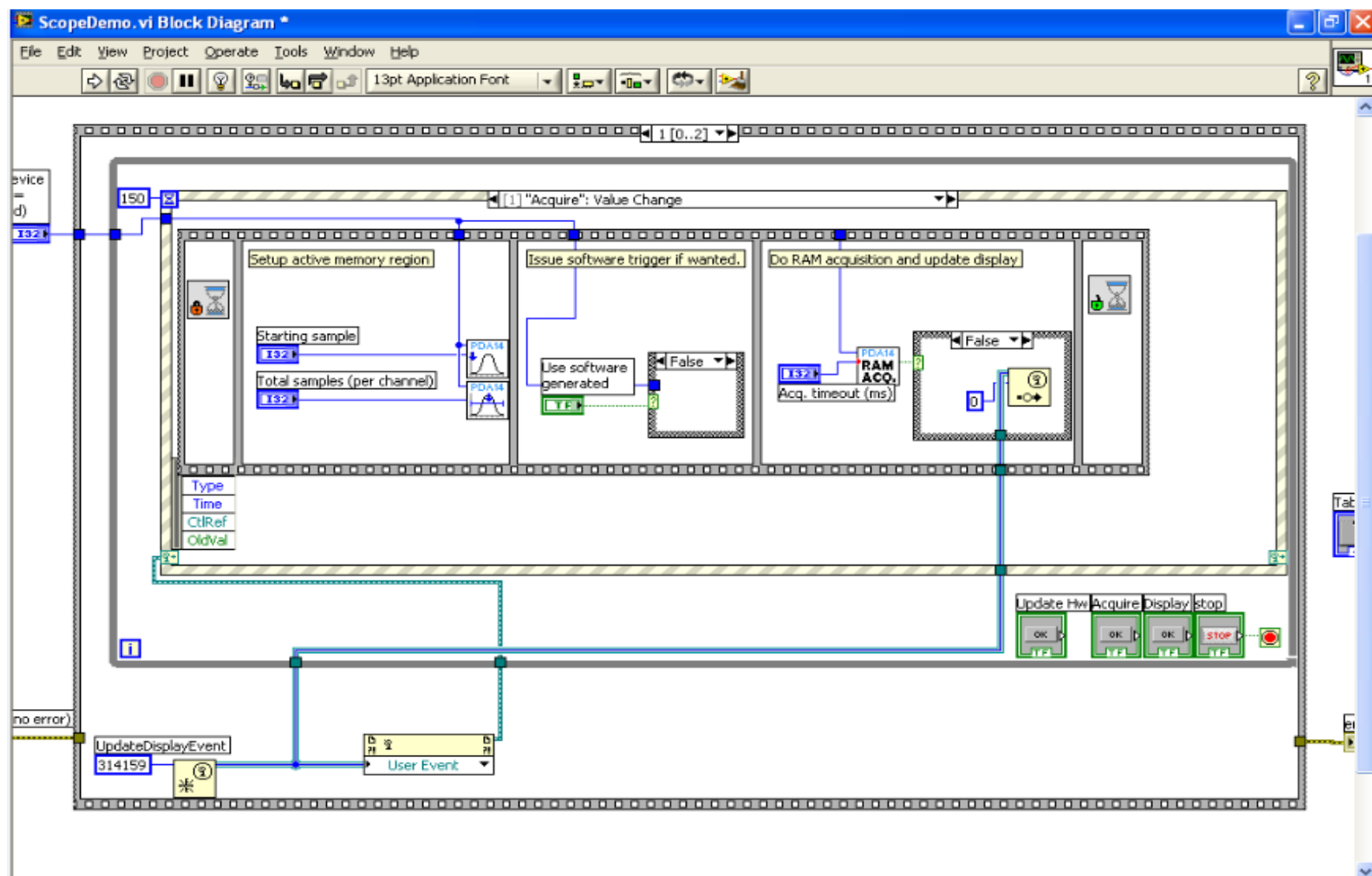


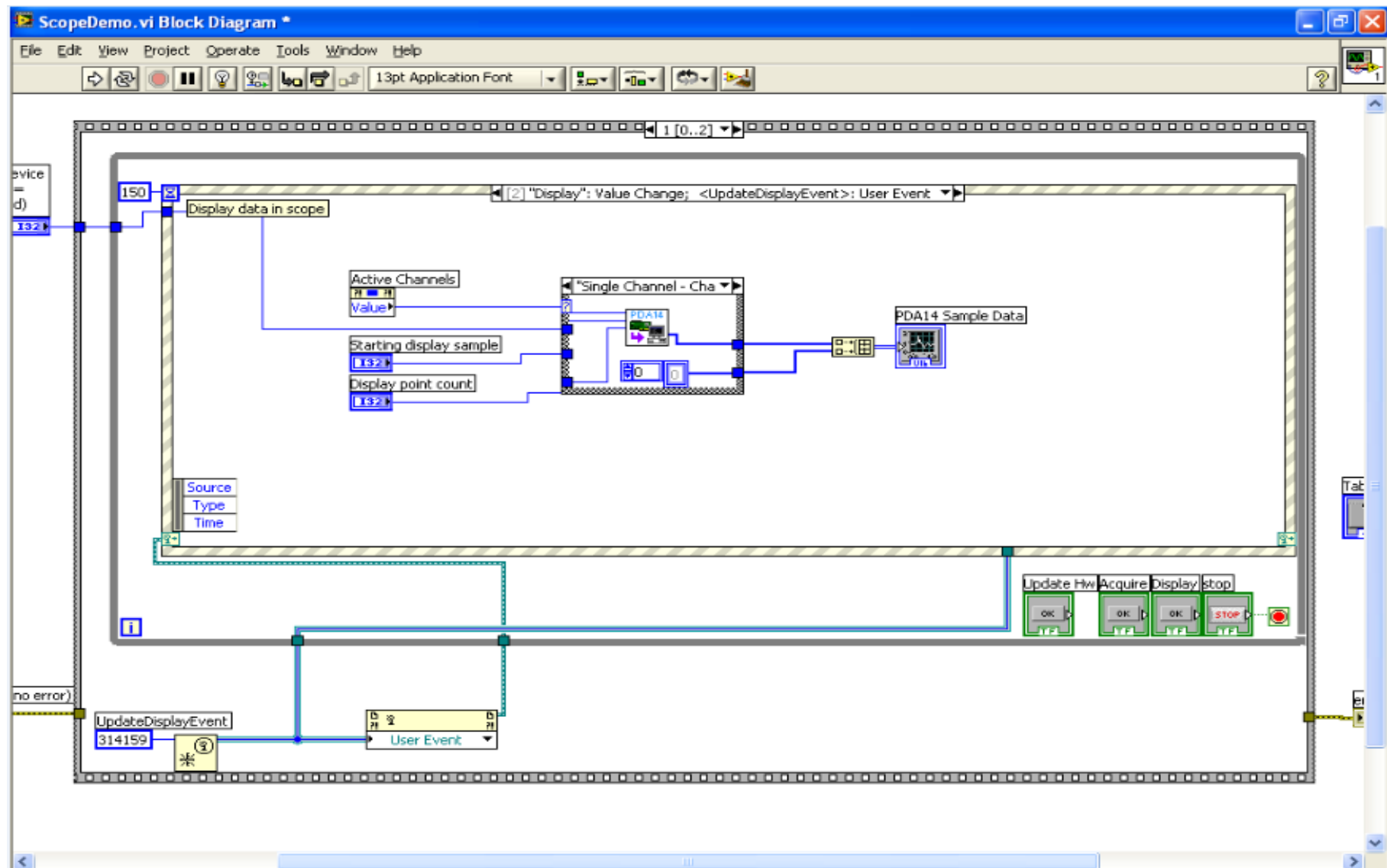
9.3.3 Vistas LabVIEW.

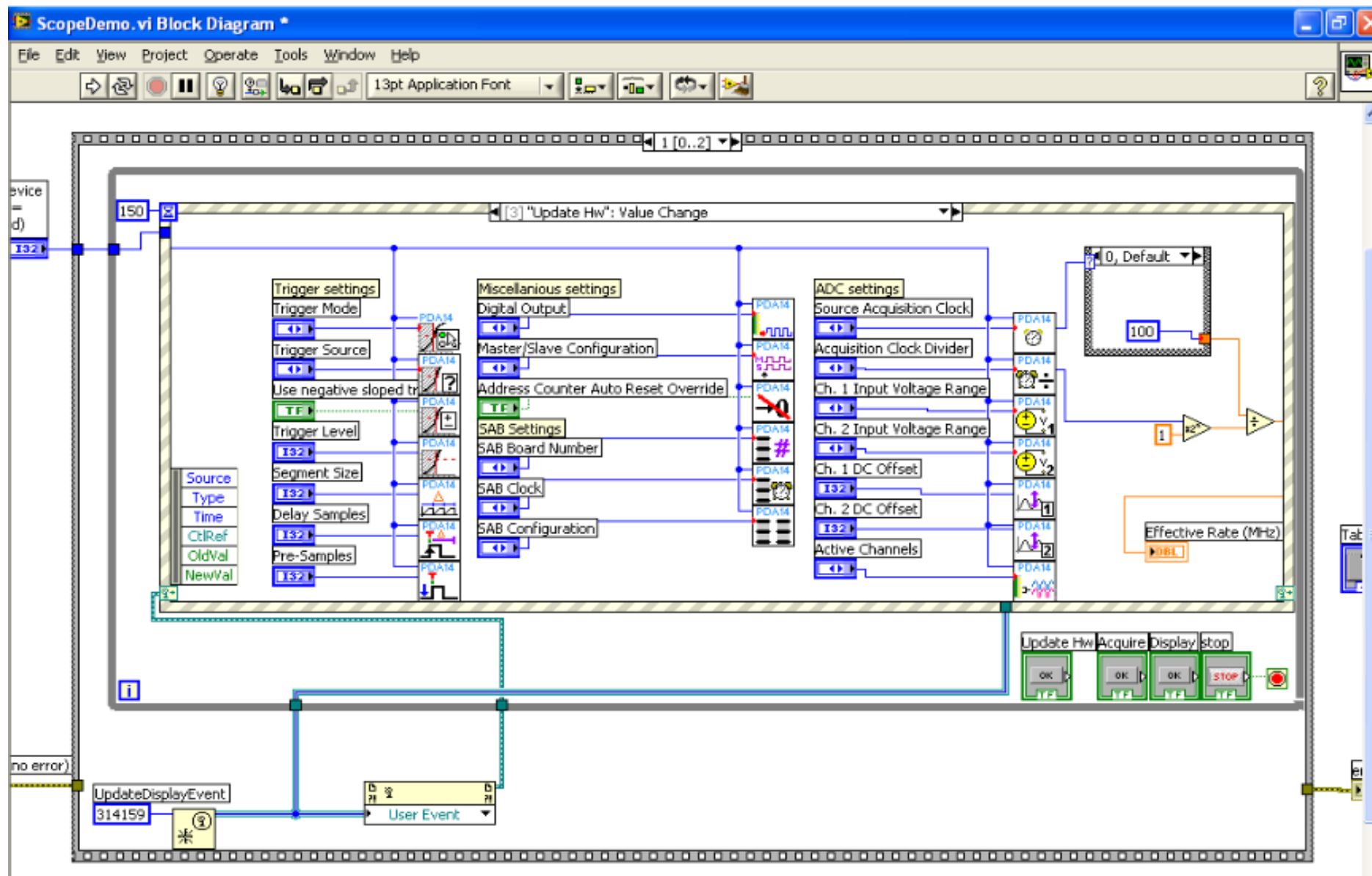
Front panel Scopedemo.vi.

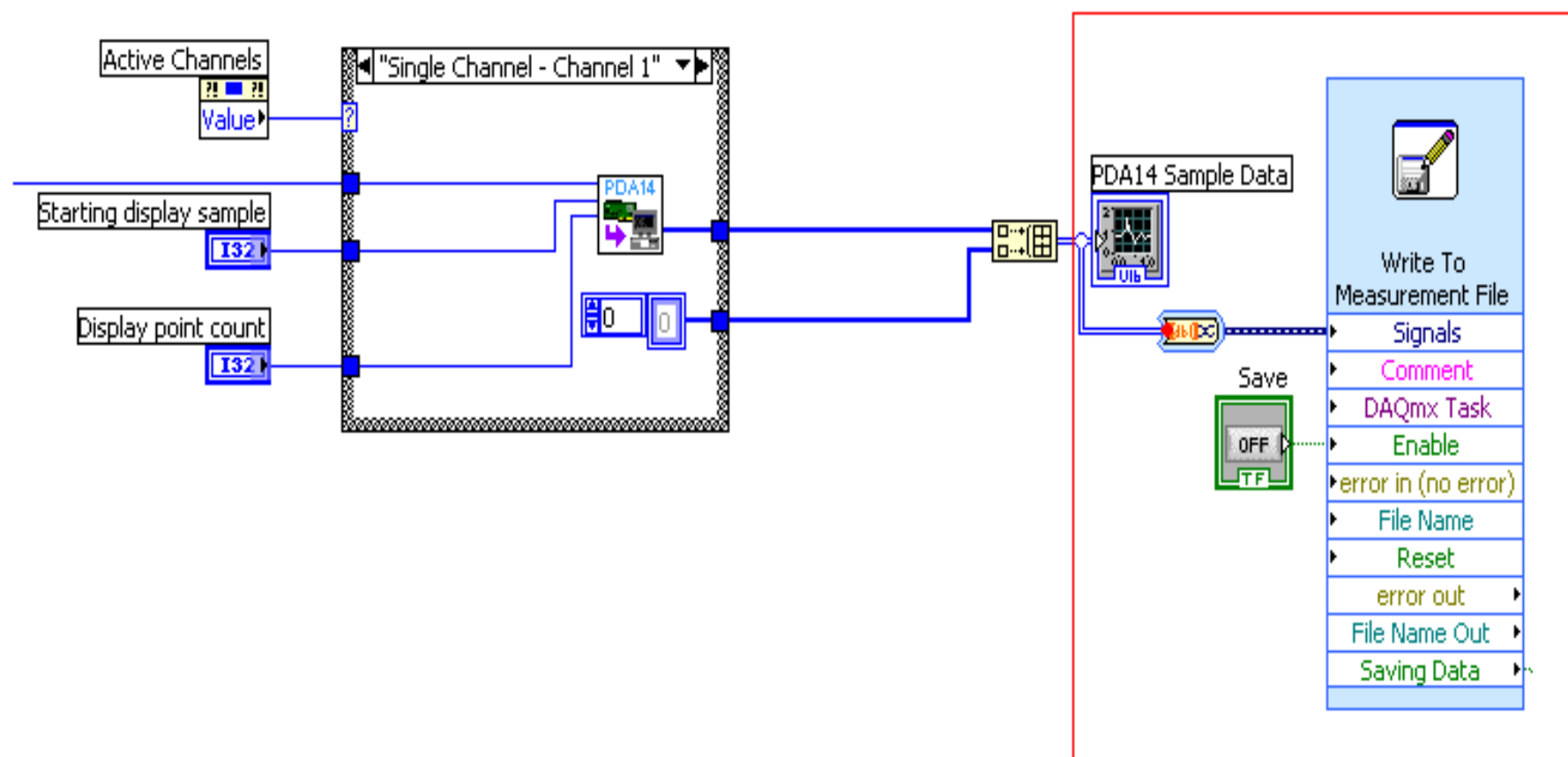


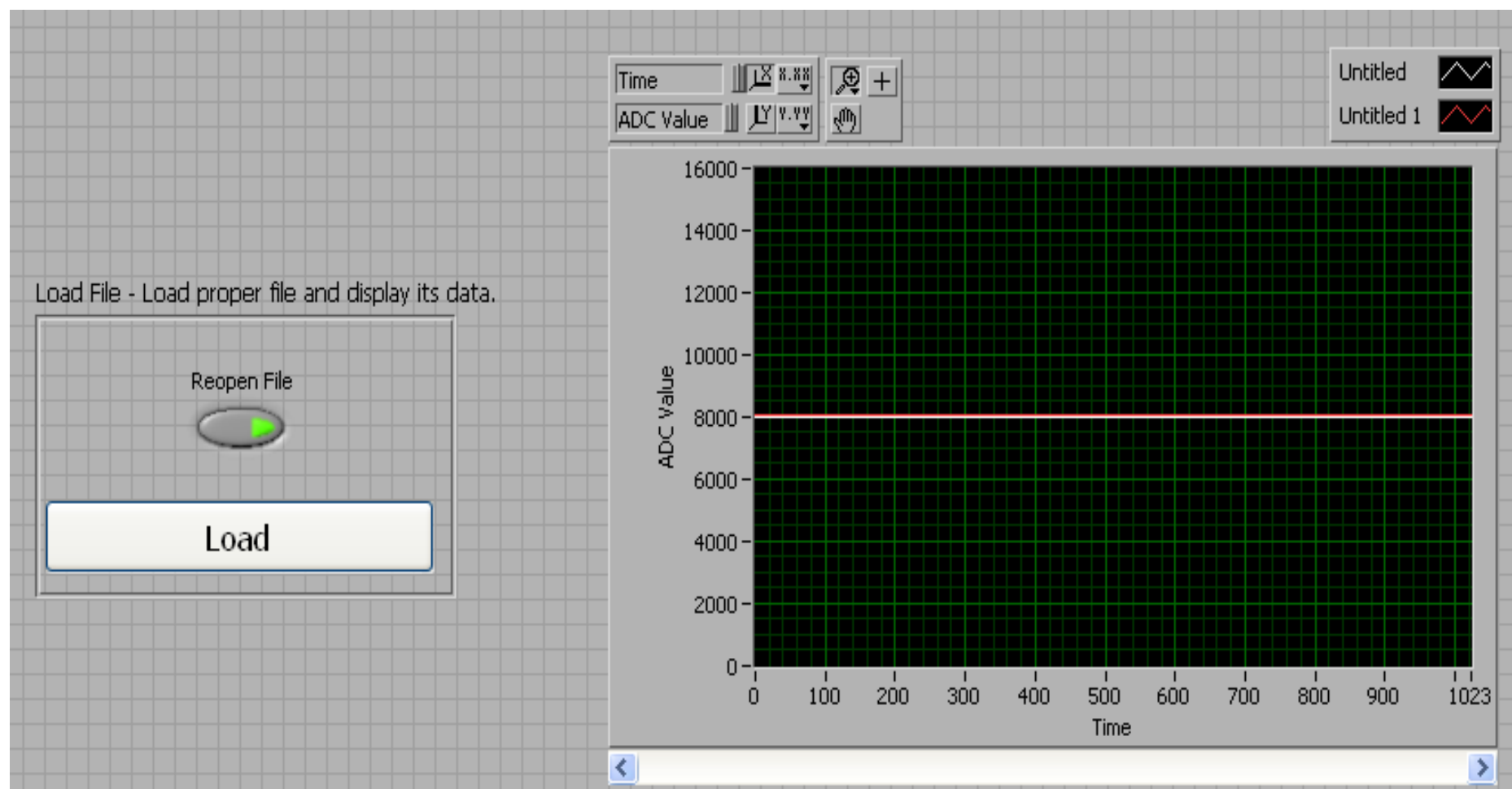
Block Diagram. *Imágenes para los diferentes casos de la estructura de casos.*







Bloque de almacenamiento.



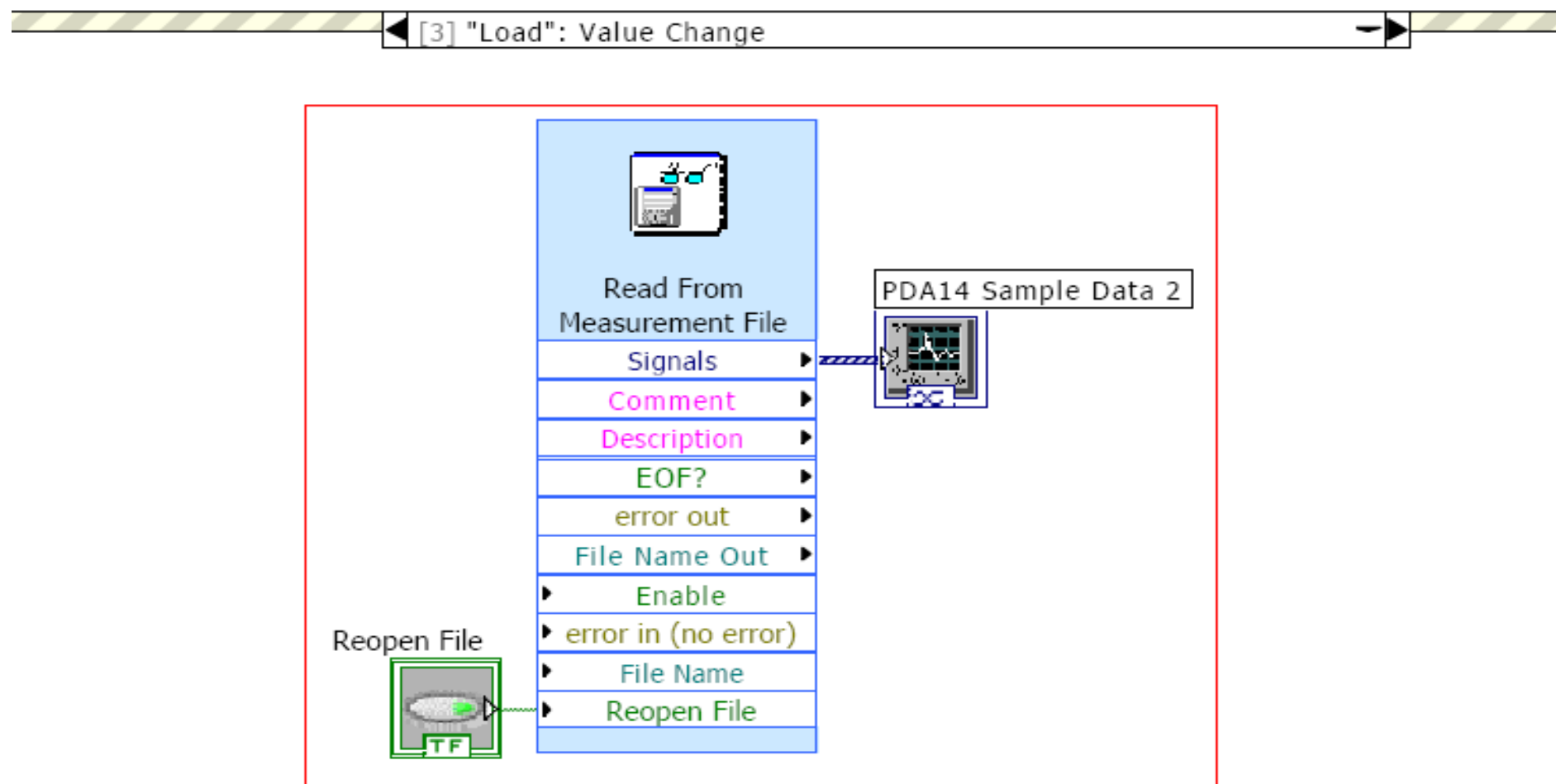
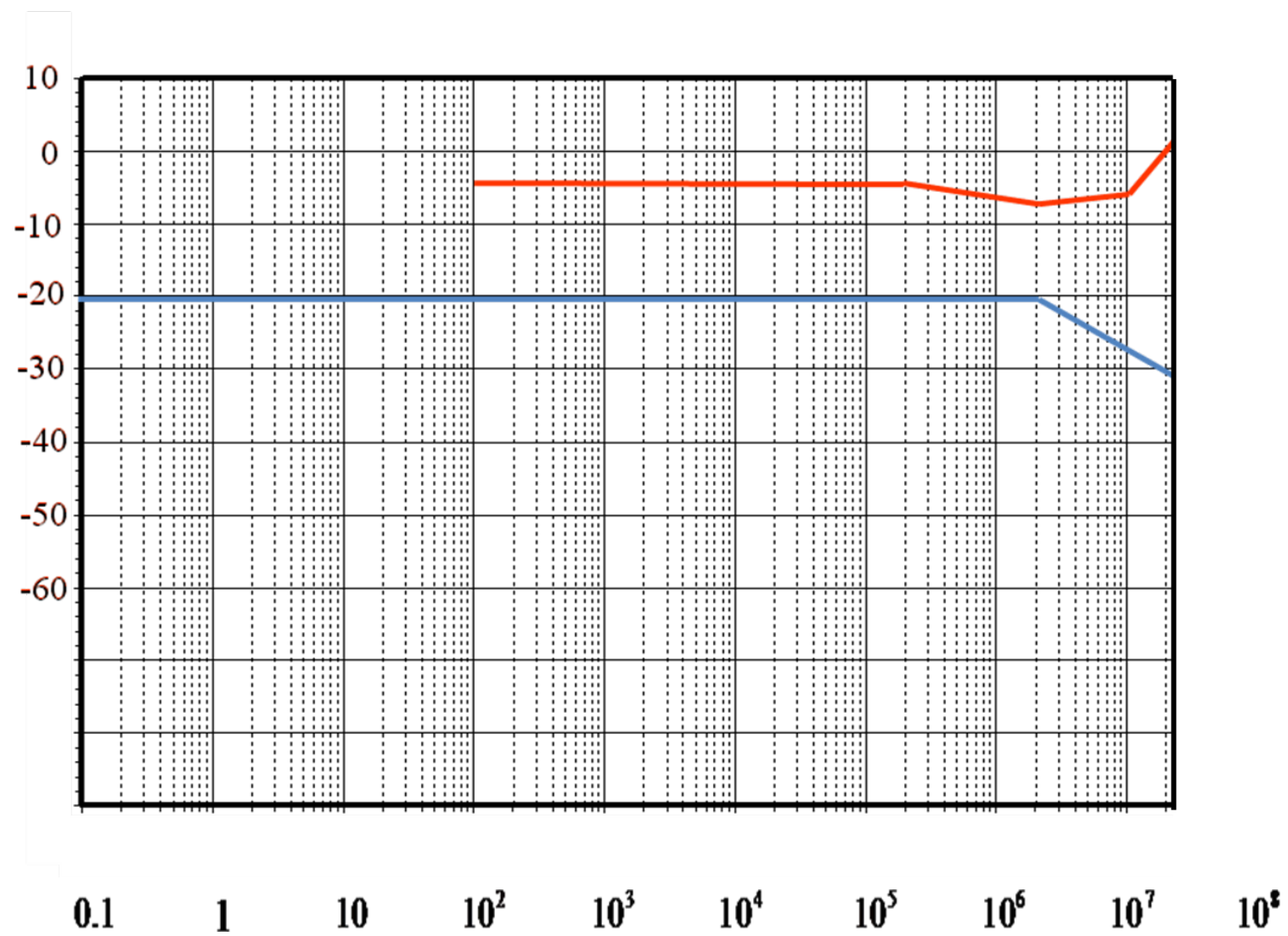
Bloque de carga.

Diagrama de Bode.

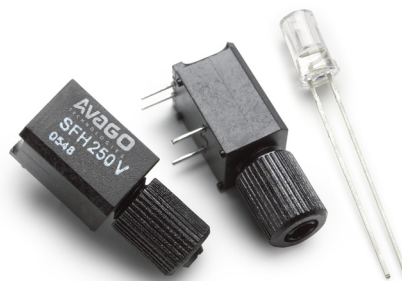
9.4 Catálogos.

SFH250 / SFH250V

Plastic Fiber Optic Photodiode Detector
Plastic Connector Housing



Data Sheet



Description

The SFH250 is a low-cost 650nm receiver diode for simple optical data transmission with polymer optical fiber. It incorporates an analog photodiode and can be used for speeds up to 100MBd.

The transparent plastic package has an aperture where the 2.2mm fiber end can be inserted and fixed with glue. This easy coupling method is extremely cost-effective.

The V-housing allows easy coupling of unconnectorized 2.2mm plastic optical fiber by means of an axial locking screw.

Ordering Information

Type	Ordering Code
SFH250	SP000063866
SFH250V	SP000063852

Features

- 2.2 mm Aperture holds Standard 1000 Micron Plastic Fiber
- No Fiber Stripping Required
- Fast Switching Time
- Good Linearity
- Sensitive in visible and near IR Range
- Molded Microlens for Efficient Coupling

Plastic Connector Housing

- Mounting Screw Attached to the Connector
- Interference Free Transmission from light-Tight Housing
- Transmitter and Receiver can be flexibly positioned
- No Cross Talk
- Auto insertable and Wave solderable
- Supplied in Tubes

Applications

- Household Electronics
- Power Electronics
- Optical Networks
- Light Barriers

Technical Data

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit
		min.	max.	
Operating Temperature Range	T_{OP}	-40	+85	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-40	+100	°C
Junction Temperature	T_J		100	°C
Soldering Temperature (2mm from case bottom, $t \leq 5$ s)	T_S		260	°C
Reverse Voltage	V_R		30	V
Power Dissipation	P_{TOT}		100	mW
Thermal Resistance, Junction/Air	R_{thJA}		750	K/W

Characteristics ($T_A = 25^\circ\text{C}$)

Parameter	Symbol	Values			Unit
		Min	Typ	Max	
Maximum Photosensitivity Wavelength	λ_{Smax}		850		nm
Photosensitivity Spectral Range ($S = 10\% S_{max}$)	λ	400		1100	nm
Dark Current ($V_R = 20$ V)	I_R		1 (≤ 10)		nA
Capacitance ($f = 1$ MHz, $V_R = 0$ V)	C_0		11		pF
Rise and Fall Times of Photo Current ($R_L = 50 \Omega$, $V_R = 30$ V, $\lambda = 880$ nm)					μs
10% to 90%	t_R		0.01		
90% to 10%	t_F		0.01		
Photo Current ($\Phi_{IN} = 10 \mu\text{W}$ coupled from the end of a plastic fiber, $V_R = 5$ V)					μA
$\lambda = 660$ nm	I_P		3 (≥ 1.6)		
$\lambda = 950$ nm			4 (≥ 2.5)		
Temperature Coefficient $I_P \lambda = 560$ to 660 nm	TC_I		-0.04		%/K
Temperature Coefficient $I_P \lambda = 830$ nm			0.04		
Temperature Coefficient $I_P \lambda = 950$ nm			0.2		

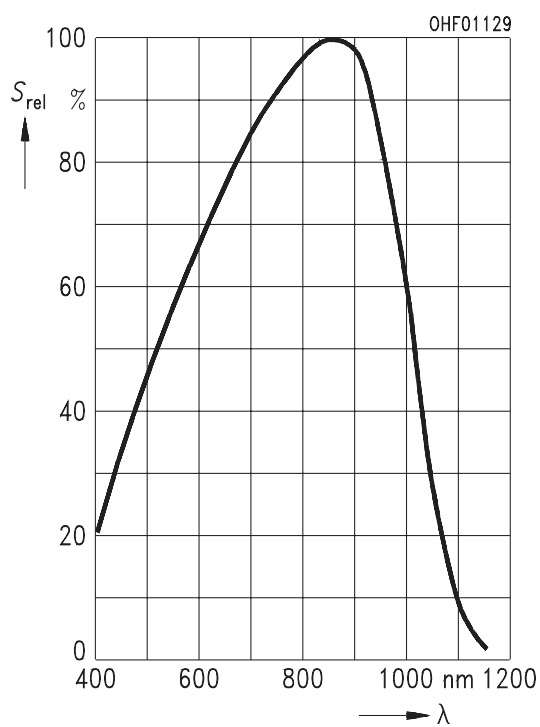


Figure 1. Relative Spectral Sensitivity $S_{rel} = f(\lambda)$

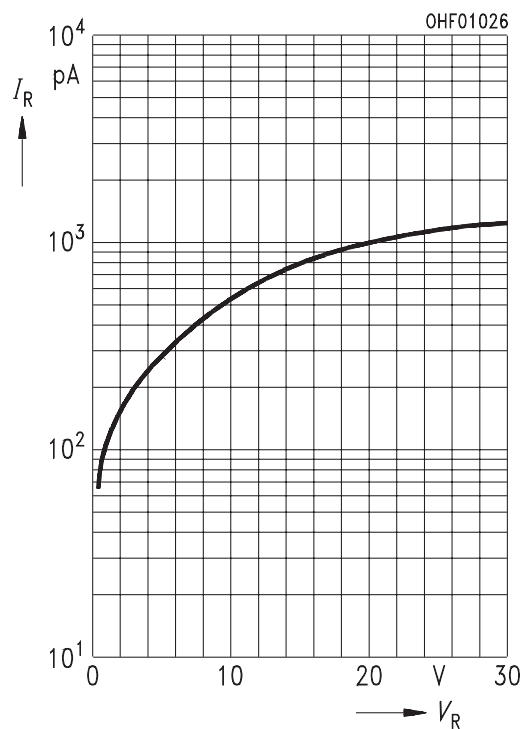


Figure 2. Dark Current $I_R = f(V_R)$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

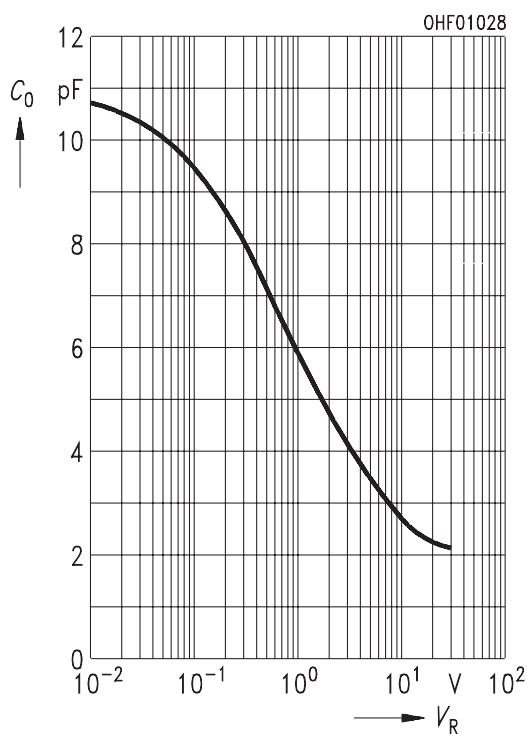


Figure 3. Capacitance $C_0 = f(V_R)$, $f = 1\text{ MHz}$, $E_V = 0$

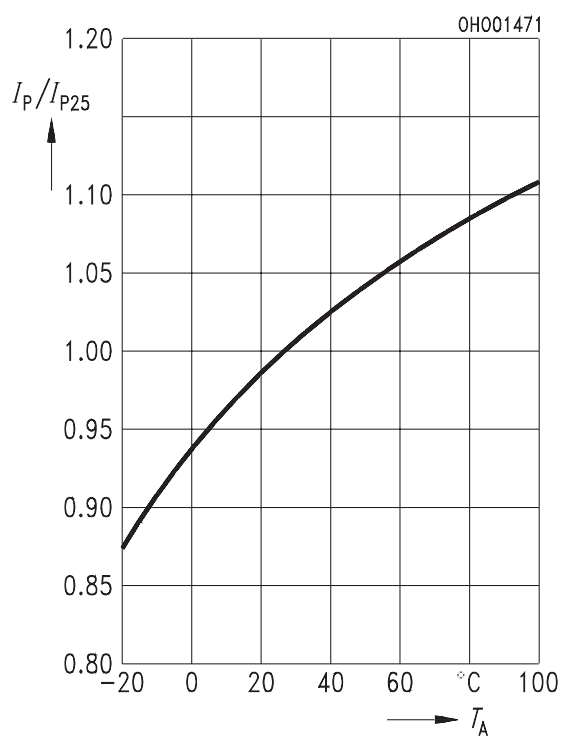
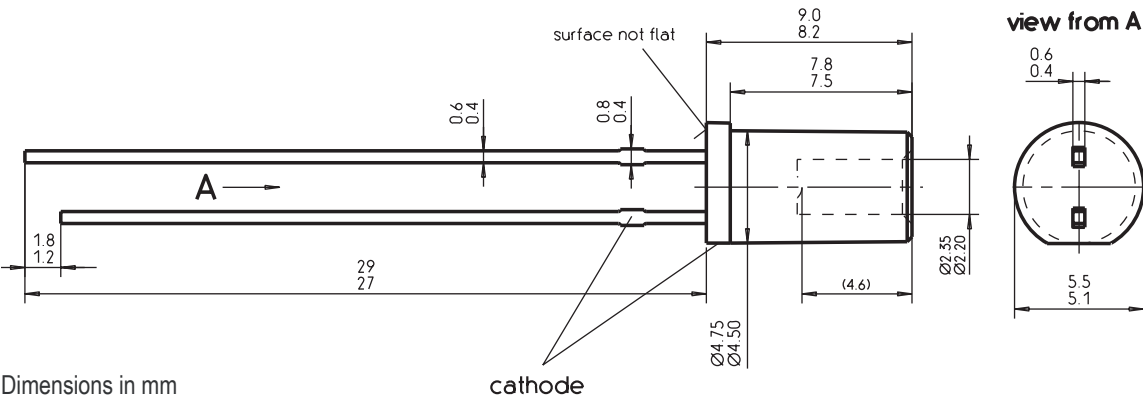


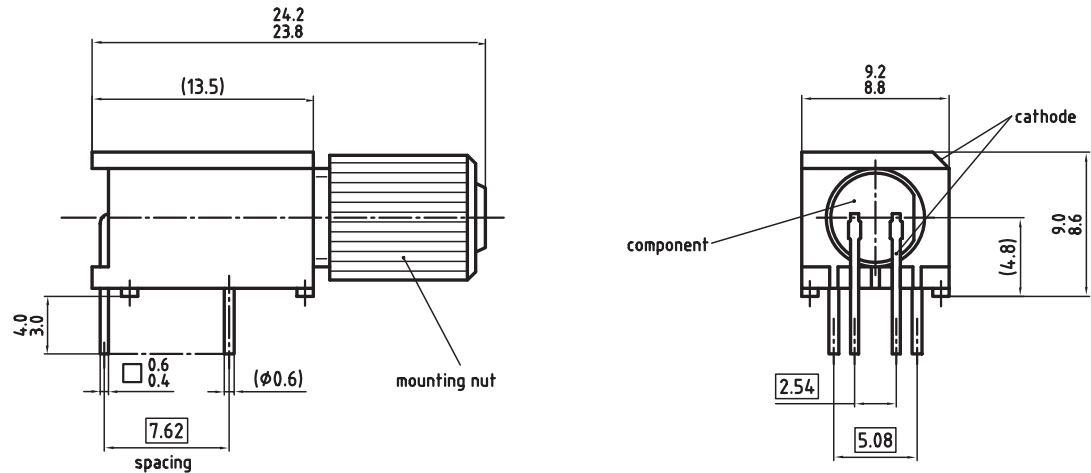
Figure 4. Photocurrent $I_P/I_{P25} = f(T_A)$, $\lambda = 950\text{ nm}$

Package Outlines



Dimensions in mm

Figure 5. SFH250



Dimensions in mm

Figure 6. SFH250V

Disclaimer

The information herein is given to describe certain components and shall not be considered as a guarantee of characteristics.

Terms of delivery and rights to technical change reserved. We hereby disclaim any and all warranties, including but not limited to warranties of non-infringement, regarding circuits, descriptions and charts stated herein.

Warnings

Due to technical requirements components may contain dangerous substances. For information on the types in question please contact your nearest Avago Technologies Office.

Avago Technologies Components may only be used in life-support devices or systems with the express written approval of Avago Technologies, if a failure of such components can reasonably be expected to cause the failure of that life-support device or system, or to affect the safety or effectiveness of that device or system. Life support devices or systems are intended to be implanted in the human body, or to support and/or maintain and sustain and/or protect human life. If they fail, it is reasonable to assume that the health of the user or other persons may be endangered.

Information

For further information on technology, delivery terms and conditions and prices please contact your nearest Avago Technologies Office (www.avagotech.com).

For product information and a complete list of distributors, please go to our web site: www.avagotech.com

Avago, Avago Technologies, and the A logo are trademarks of Avago Technologies, Limited in the United States and other countries.
Data subject to change. Copyright © 2007 Avago Technologies Limited. All rights reserved.
AV01-0711EN - July 18, 2007

Avago
TECHNOLOGIES

Plastic Fiber Optic Transmitter Diode Plastic Connector Housing

SFH756
SFH756V

Features

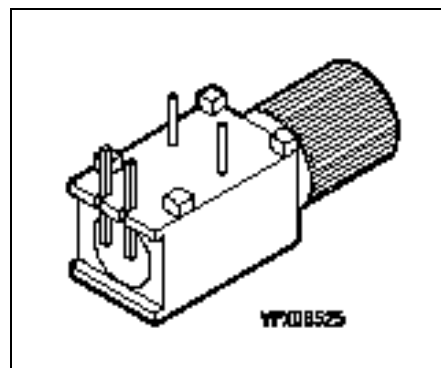
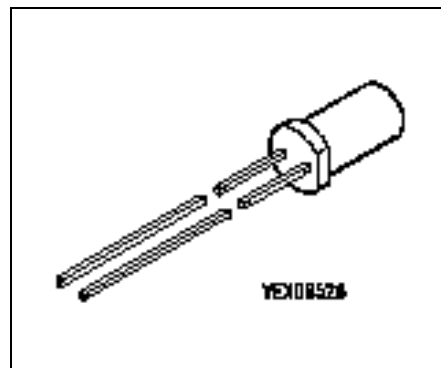
- 2.2 mm Aperture holds Standard 1000 Micron Plastic Fiber
- No Fiber Stripping Required
- Good Linearity (Forward current > 2 mA)
- Molded Microlens for Efficient Coupling

Plastic Connector Housing

- Mounting Screw Attached to the Connector
- Interference Free Transmission from light-Tight Housing
- Transmitter and Receiver can be flexibly positioned
- No Cross Talk
- Auto insertable and Wave solderable
- Supplied in Tubes

Applications

- Household Electronics
- Power Electronics
- Optical Networks
- Light Barriers



Type	Ordering Code
SFH756	Q62702-P1716
SFH756V	Q62702-P1715

Technical Data
Absolute Maximum Ratings

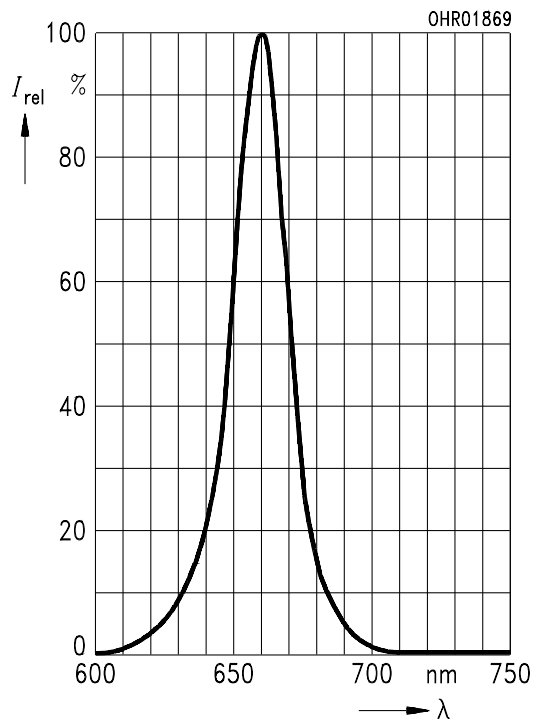
Parameter	Symbol	Limit Values		Unit
		min.	max.	
Operating Temperature Range	T_{OP}	-40	+85	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-40	+100	°C
Junction Temperature	T_J		100	°C
Soldering Temperature (2 mm from case bottom, $t \leq 5$ s)	T_S		260	°C
Reverse Voltage	V_R		3	V
Forward Current	I_F		50	mA
Surge Current ($t \leq 10 \mu\text{s}$, $D = 0$)	I_{FSM}		1	A
Power Dissipation	P_{TOT}		120	mW
Thermal Resistance, Junction/Air	R_{thJA}		450	K/W

Characteristics ($T_A = 25^\circ\text{C}$)

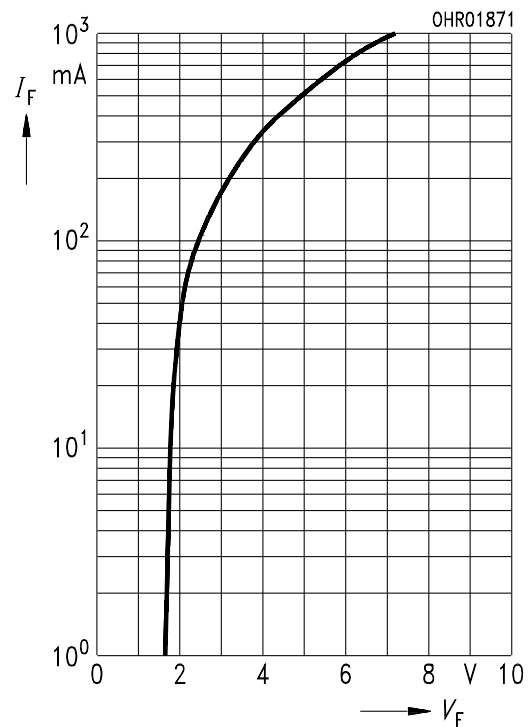
Parameter	Symbol	Value	Unit
Peak Wavelength	λ_{Peak}	660	nm
Spectral Bandwidth	$\Delta\lambda$	25	nm
Switching Times ($R_G = 50\ \Omega$), $I_{F(\text{LOW})} = 0.1\ \text{mA}$, $I_{F(\text{HIGH})} = 50\ \text{mA}$) 10% to 90% 90% to 10%	t_R t_F	0.1 0.1	μs
Capacitance ($f = 1\ \text{MHz}$, $V_R = 0\ \text{V}$)	C_O	30	pF
Forward Voltage ($I_F = 50\ \text{mA}$)	V_F	2.1 (≤ 2.8)	V
Output Power Coupled Into Plastic Fiber ($I_F = 10\ \text{mA}$) ¹⁾	Φ_{IN}	200 (≥ 100)	μW
Temperature Coefficient Φ_{IN}	TC_Φ	-0.4	%/K
Temperature Coefficient V_F	TC_V	-3	mV/K
Temperature Coefficient λ_{Peak}	TC_λ	0.16	nm/K

¹⁾ The output power coupled into plastic fiber is measured with a large area detector after a short fiber (about 30 cm). This value must not be used for calculating the power budget for a fiber optic system with a long fiber because the numerical aperture of plastic fibers is decreasing on the first meters. Therefore the fiber seems to have compared with the specified value a higher attenuation on the first meters.

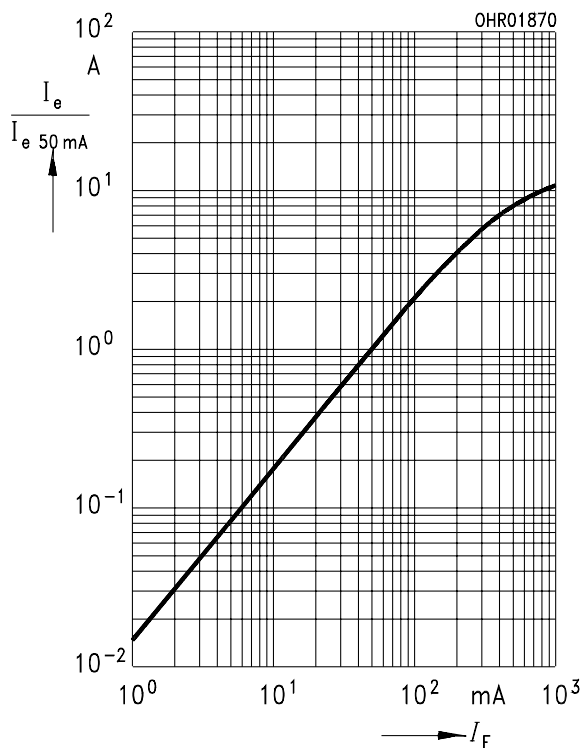
Relative Spectral Emission $I_{\text{rel}} = f(\lambda)$



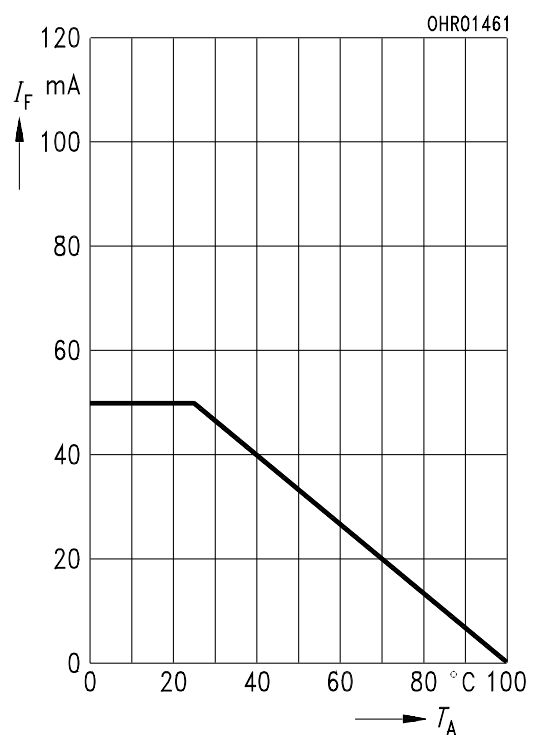
Forward Current $I_F = f(V_F)$
single pulse, duration = 20 μs



Relative Output Power $I_e/I_{e(50 \text{ mA})} = f(I_F)$
single pulse, duration = 20 μs

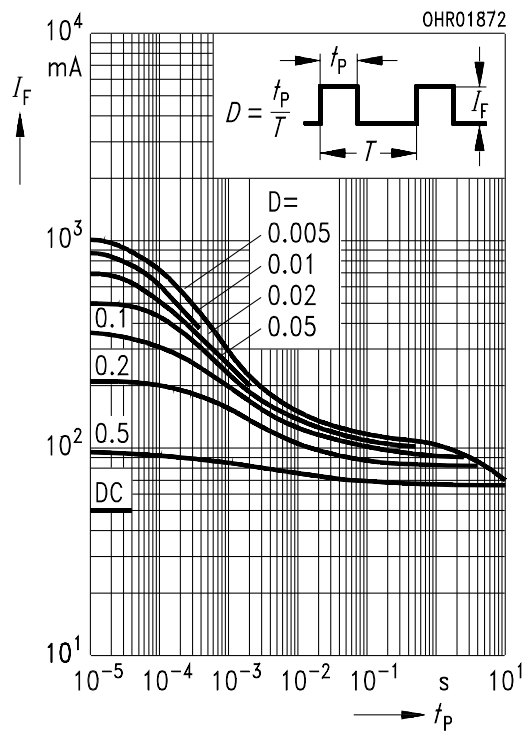


Maximum Permissible Forward Current
 $I_F = f(T_A)$, $R_{\text{thJA}} = 450 \text{ K/W}$



Permissible Pulse Handling Capability

$I_F = f(t_p)$, duty cycle $D = \text{parameter}$,
 $T_A = 25^\circ\text{C}$



Package Outlines

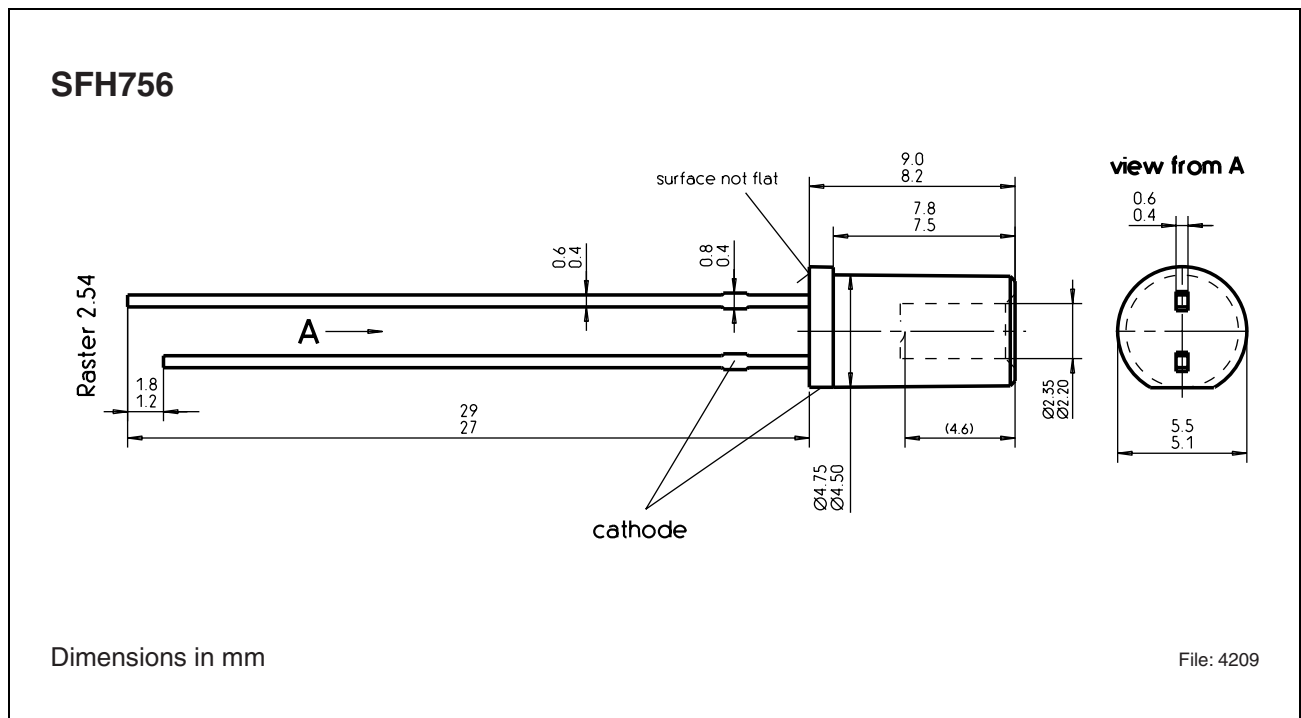


Figure 1

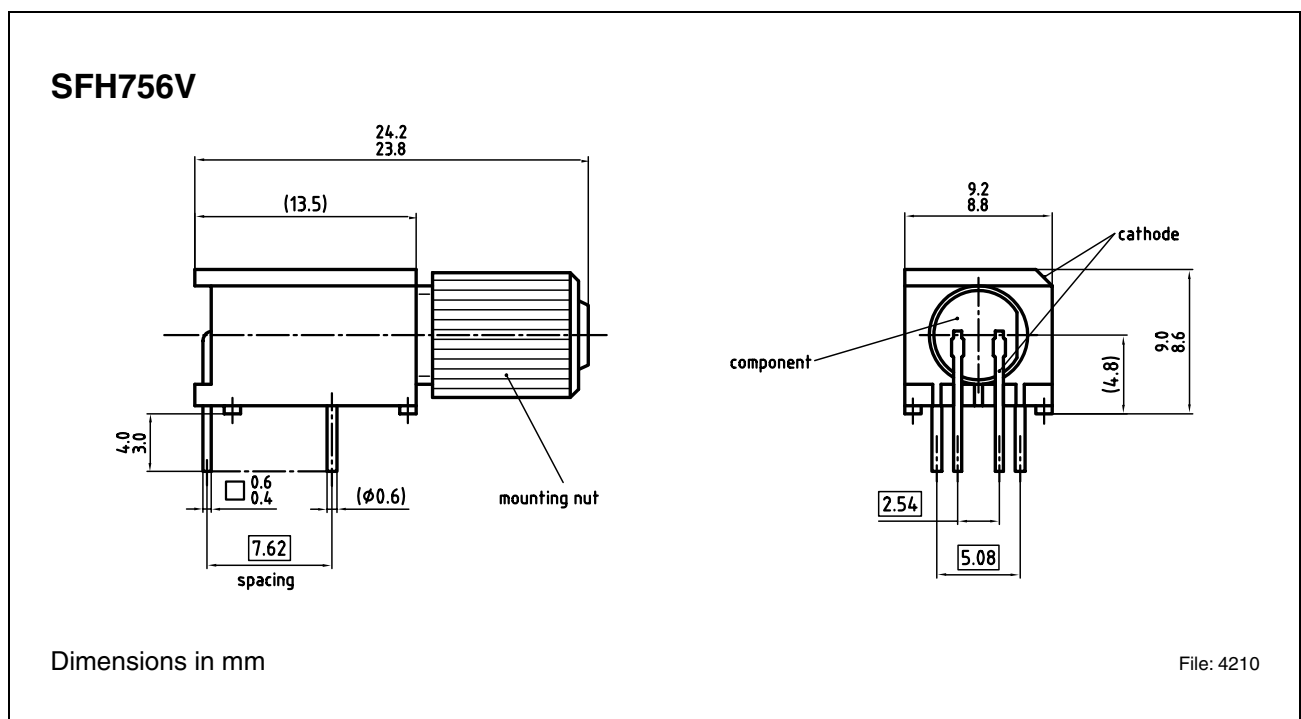


Figure 2

SFH756
SFH756V

Revision History:	2004-03-19	DS1
Previous Version:	2002-03-14	

Edition 2004-03-19

**Published by Infineon Technologies AG,
St.-Martin-Strasse 53,
81669 München, Germany**

**© Infineon Technologies AG 2004.
All Rights Reserved.**

Attention please!

The information herein is given to describe certain components and shall not be considered as a guarantee of characteristics.

Terms of delivery and rights to technical change reserved.

We hereby disclaim any and all warranties, including but not limited to warranties of non-infringement, regarding circuits, descriptions and charts stated herein.

Information

For further information on technology, delivery terms and conditions and prices please contact your nearest Infineon Technologies Office (www.infineon.com).

Warnings

Due to technical requirements components may contain dangerous substances. For information on the types in question please contact your nearest Infineon Technologies Office.

Infineon Technologies Components may only be used in life-support devices or systems with the express written approval of Infineon Technologies, if a failure of such components can reasonably be expected to cause the failure of that life-support device or system, or to affect the safety or effectiveness of that device or system. Life support devices or systems are intended to be implanted in the human body, or to support and/or maintain and sustain and/or protect human life. If they fail, it is reasonable to assume that the health of the user or other persons may be endangered.

This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.



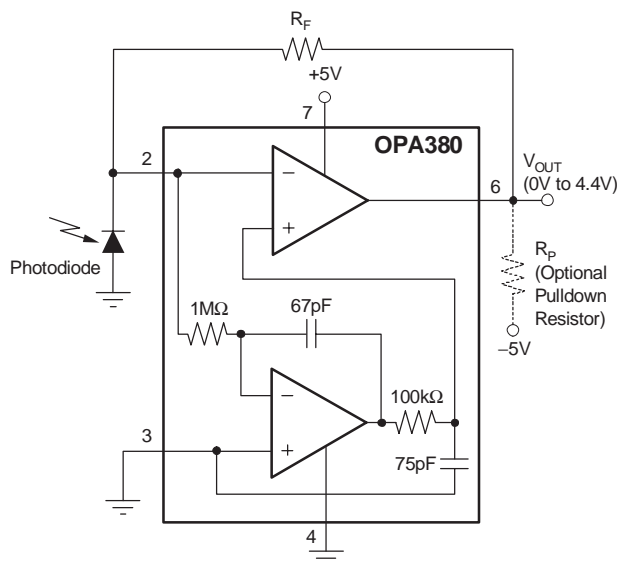
Precision, High-Speed Transimpedance Amplifier

FEATURES

- **> 1MHz TRANSIMPEDANCE BANDWIDTH**
- **EXCELLENT LONG-TERM V_{OS} STABILITY**
- **BIAS CURRENT: 50pA (max)**
- **OFFSET VOLTAGE: 25 μ V (max)**
- **DYNAMIC RANGE: 4 to 5 Decades**
- **DRIFT: 0.1 μ V/ $^{\circ}$ C (max)**
- **GAIN BANDWIDTH: 90MHz**
- **QUIESCENT CURRENT: 7.5mA**
- **SUPPLY RANGE: 2.7V to 5.5V**
- **SINGLE AND DUAL VERSIONS**
- **MicroSize PACKAGE: MSOP-8**

APPLICATIONS

- **PHOTODIODE MONITORING**
- **PRECISION I/V CONVERSION**
- **OPTICAL AMPLIFIERS**
- **CAT-SCANNER FRONT-END**



DESCRIPTION

The OPA380 family of transimpedance amplifiers provides high-speed (90MHz Gain Bandwidth [GBW]) operation, with extremely high precision, excellent long-term stability, and very low 1/f noise. It is ideally suited for high-speed photodiode applications. The OPA380 features an offset voltage of 25 μ V, offset drift of 0.1 μ V/ $^{\circ}$ C, and bias current of 50pA. The OPA380 far exceeds the offset, drift, and noise performance that conventional JFET op amps provide.

The signal bandwidth of a transimpedance amplifier depends largely on the GBW of the amplifier and the parasitic capacitance of the photodiode, as well as the feedback resistor. The 90MHz GBW of the OPA380 enables a transimpedance bandwidth of > 1MHz in most configurations. The OPA380 is ideally suited for fast control loops for power level on an optical fiber.

As a result of the high precision and low-noise characteristics of the OPA380, a dynamic range of 4 to 5 decades can be achieved. For example, this capability allows the measurement of signal currents on the order of 1nA, and up to 100 μ A in a single I/V conversion stage. In contrast to logarithmic amplifiers, the OPA380 provides very wide bandwidth throughout the full dynamic range. By using an external pull-down resistor to -5V, the output voltage range can be extended to include 0V.

The OPA380 (single) is available in MSOP-8 and SO-8 packages. The OPA2380 (dual) is available in the miniature MSOP-8 package. They are specified from -40 $^{\circ}$ C to +125 $^{\circ}$ C.

OPA380 RELATED DEVICES

PRODUCT	FEATURES
OPA300	150MHz CMOS, 2.7V to 5.5V Supply
OPA350	500 μ V V_{OS} , 38MHz, 2.5V to 5V Supply
OPA335	10 μ V V_{OS} , Zero-Drift, 2.5V to 5V Supply
OPA132	16MHz GBW, Precision FET Op Amp, \pm 15V
OPA656/7	230MHz, Precision FET, \pm 5V
LOG112	LOG amp, 7.5 decades, \pm 4.5V to \pm 18V Supply
LOG114	LOG amp, 7.5 decades, \pm 2.25V to \pm 5.5V Supply
IVC102	Precision Switched Integrator
DDC112	Dual Current Input, 20-Bit ADC



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

All trademarks are the property of their respective owners.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS⁽¹⁾

Voltage Supply	+7V
Signal Input Terminals ⁽²⁾ , Voltage	–0.5V to (V+) + 0.5V
Current	±10mA
Short-Circuit Current ⁽³⁾	Continuous
Operating Temperature Range	–40°C to +125°C
Storage Temperature Range	–65°C to +150°C
Junction Temperature	+150°C
Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
ESD Rating (Human Body Model)	2000V

- (1) Stresses above these ratings may cause permanent damage. Exposure to absolute maximum conditions for extended periods may degrade device reliability. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those specified is not implied.
- (2) Input terminals are diode clamped to the power-supply rails. Input signals that can swing more than 0.5V beyond the supply rails should be current limited to 10mA or less.
- (3) Short-circuit to ground; one amplifier per package.

ELECTROSTATIC DISCHARGE SENSITIVITY



This integrated circuit can be damaged by ESD. Texas Instruments recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

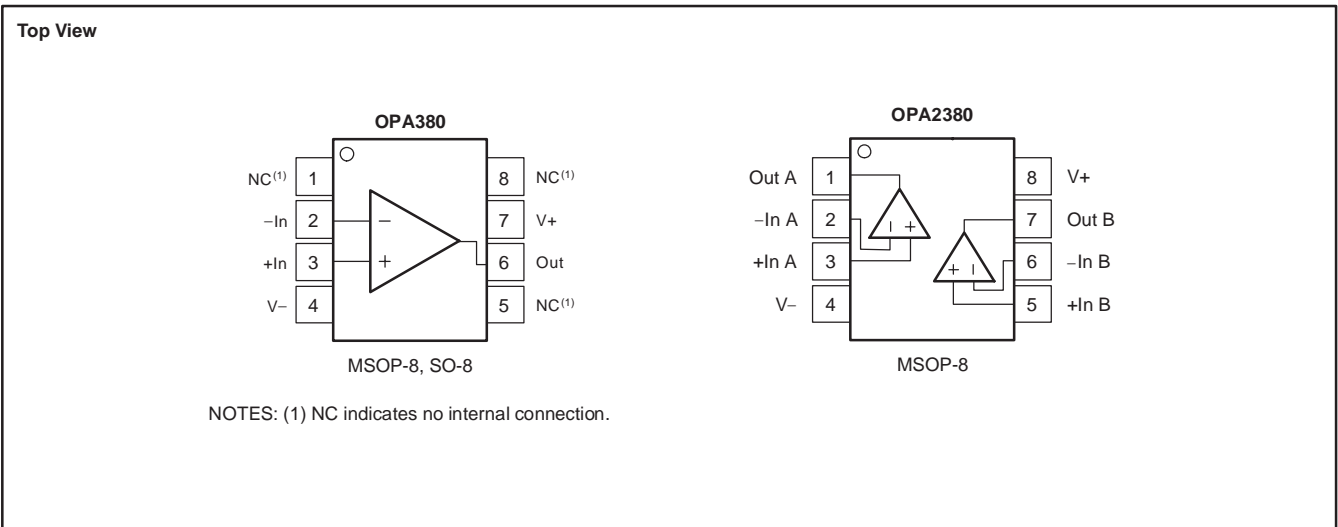
ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

PACKAGE/ORDERING INFORMATION⁽¹⁾

PRODUCT	PACKAGE-LEAD	PACKAGE MARKING
OPA380	MSOP-8	AUN
OPA380	SO-8	OPA380A
OPA2380	MSOP-8	BBX

- (1) For the most current package and ordering information, see the Package Option Addendum at the end of this document, or see the TI web site at www.ti.com.

PIN ASSIGNMENTS



ELECTRICAL CHARACTERISTICS: OPA380 (SINGLE), $V_S = 2.7V$ to $5.5V$

Boldface limits apply over the temperature range, $T_A = -40^\circ C$ to $+125^\circ C$.

All specifications at $T_A = +25^\circ C$, $R_L = 2k\Omega$ connected to $V_S/2$, and $V_{OUT} = V_S/2$, unless otherwise noted.

PARAMETER		CONDITION	OPA380			UNITS
			MIN	TYP	MAX	
OFFSET VOLTAGE						
Input Offset Voltage	V_{OS}	$V_S = +5V, V_{CM} = 0V$		4	25	μV
Drift	dV_{OS}/dT			0.03	0.1	$\mu V/^{\circ}C$
vs Power Supply	PSRR	$V_S = +2.7V$ to $+5.5V, V_{CM} = 0V$		2.4	10	$\mu V/V$
Over Temperature		$V_S = +2.7V$ to $+5.5V, V_{CM} = 0V$			10	$\mu V/V$
Long-Term Stability ⁽¹⁾			See Note (1)			
Channel Separation, dc				1		$\mu V/V$
INPUT BIAS CURRENT						
Input Bias Current	I_B	$V_{CM} = V_S/2$		3	± 50	pA
Over Temperature			Typical Characteristics			
Input Offset Current	I_{OS}	$V_{CM} = V_S/2$		6	± 100	pA
NOISE						
Input Voltage Noise, $f = 0.1Hz$ to $10Hz$	e_n	$V_S = +5V, V_{CM} = 0V$		3		μV_{PP}
Input Voltage Noise Density, $f = 10kHz$	e_n	$V_S = +5V, V_{CM} = 0V$		67		nV/\sqrt{Hz}
Input Voltage Noise Density, $f > 1MHz$	e_n	$V_S = +5V, V_{CM} = 0V$		5.8		nV/\sqrt{Hz}
Input Current Noise Density, $f = 10kHz$	i_n	$V_S = +5V, V_{CM} = 0V$		10		fA/\sqrt{Hz}
INPUT VOLTAGE RANGE						
Common-Mode Voltage Range	V_{CM}		V^-		$(V^+) - 1.8V$	V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$(V^-) < V_{CM} < (V^+) - 1.8V$	100	110		dB
INPUT IMPEDANCE						
Differential Capacitance				1.1		pF
Common-Mode Resistance and Inverting Input Capacitance				$10^{13} \parallel 3$		$\Omega \parallel pF$
OPEN-LOOP GAIN						
Open-Loop Voltage Gain	A_{OL}	$0.1V < V_O < (V^+) - 0.7V, V_S = 5V, V_{CM} = V_S/2$	110	130		dB
		$0.1V < V_O < (V^+) - 0.6V, V_S = 5V, V_{CM} = V_S/2, T_A = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$	110	130		dB
		$0V < V_O < (V^+) - 0.7V, V_S = 5V, V_{CM} = 0V, R_P = 2k\Omega$ to $-5V(2)$	106	120		dB
		$0V < V_O < (V^+) - 0.6V, V_S = 5V, V_{CM} = 0V, R_P = 2k\Omega$ to $-5V(2), T_A = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$	106	120		dB
FREQUENCY RESPONSE						
Gain-Bandwidth Product	GBW	$C_L = 50pF$		90		MHz
Slew Rate	SR	$G = +1$		80		V/ μs
Settling Time, 0.01%(3)	t_S	$V_S = +5V, 4V$ Step, $G = +1$		2		μs
Overload Recovery Time(4)(5)		$V_{IN} \times G = > V_S$		100		ns
OUTPUT						
Voltage Output Swing from Positive Rail		$R_L = 2k\Omega$		400	600	mV
Voltage Output Swing from Negative Rail		$R_L = 2k\Omega$		60	100	mV
Voltage Output Swing from Positive Rail		$R_P = 2k\Omega$ to $-5V(2)$		400	600	mV
Voltage Output Swing from Negative Rail		$R_P = 2k\Omega$ to $-5V(2)$		-20	0	mV
Output Current	I_{OUT}		See Typical Characteristics			
Short-Circuit Current	I_{SC}			150		mA
Capacitive Load Drive	C_{LOAD}		See Typical Characteristics			
Open-Loop Output Impedance	R_O	$f = 1MHz, I_O = 0A$		40		Ω
POWER SUPPLY						
Specified Voltage Range	V_S		2.7		5.5	V
Quiescent Current	I_Q	$I_O = 0A$		7.5	9.5	mA
Over Temperature					10	mA
TEMPERATURE RANGE						
Specified and Operating Range			-40		+125	$^{\circ}C$
Storage Range			-65		+150	$^{\circ}C$
Thermal Resistance	θ_{JA}					$^{\circ}C/W$
MSOP-8, SO-8				150		$^{\circ}C/W$

(1) 300-hour life test at $150^\circ C$ demonstrated randomly distributed variation approximately equal to measurement repeatability of $1\mu V$.

(2) Tested with output connected only to R_P , a pulldown resistor connected between V_{OUT} and $-5V$, as shown in Figure 5. See also applications section, *Achieving Output Swing to Ground*.

(3) Transimpedance frequency of $1MHz$.

(4) Time required to return to linear operation.

(5) From positive rail.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS: OPA2380 (DUAL), $V_S = 2.7V$ to $5.5V$

Boldface limits apply over the temperature range, $T_A = -40^\circ C$ to $+125^\circ C$.

All specifications at $T_A = +25^\circ C$, $R_L = 2k\Omega$ connected to $V_S/2$, and $V_{OUT} = V_S/2$, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITION	OPA2380			UNITS
		MIN	TYP	MAX	
OFFSET VOLTAGE					
Input Offset Voltage V_{OS}	$V_S = +5V$, $V_{CM} = 0V$		4	25	μV
Drift dV_{OS}/dT			0.03	0.1	$\mu V/^\circ C$
vs Power Supply PSRR	$V_S = +2.7V$ to $+5.5V$, $V_{CM} = 0V$		2.4	10	$\mu V/V$
Over Temperature	$V_S = +2.7V$ to $+5.5V$, $V_{CM} = 0V$			10	$\mu V/V$
Long-Term Stability ⁽¹⁾			See Note (1)		
Channel Separation, dc			1		$\mu V/V$
INPUT BIAS CURRENT					
Input Bias Current, Inverting Input I_B	$V_{CM} = V_S/2$		3	± 50	pA
Noninverting Input I_B	$V_{CM} = V_S/2$		3	± 200	pA
Over Temperature			Typical Characteristics		
NOISE					
Input Voltage Noise, $f = 0.1Hz$ to $10Hz$ e_n	$V_S = +5V$, $V_{CM} = 0V$		3		μV_{PP}
Input Voltage Noise Density, $f = 10kHz$ e_n	$V_S = +5V$, $V_{CM} = 0V$		67		nV/\sqrt{Hz}
Input Voltage Noise Density, $f > 1MHz$ e_n	$V_S = +5V$, $V_{CM} = 0V$		5.8		nV/\sqrt{Hz}
Input Current Noise Density, $f = 10kHz$ i_n	$V_S = +5V$, $V_{CM} = 0V$		10		fA/\sqrt{Hz}
INPUT VOLTAGE RANGE					
Common-Mode Voltage Range V_{CM}		V_-		$(V_+) - 1.8V$	V
Common-Mode Rejection Ratio CMRR	$(V_-) < V_{CM} < (V_+) - 1.8V$	95	105		dB
INPUT IMPEDANCE					
Differential Capacitance			1.1		pF
Common-Mode Resistance and Inverting Input Capacitance			$10^{13} 3$		ΩpF
OPEN-LOOP GAIN					
Open-Loop Voltage Gain A_{OL}	$0.12V < V_O < (V_+) - 0.7V$, $V_S = 5V$, $V_{CM} = V_S/2$	110	130		dB
	$0.12V < V_O < (V_+) - 0.6V$, $V_S = 5V$, $V_{CM} = V_S/2$, $T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$	110	130		dB
	$0V < V_O < (V_+) - 0.7V$, $V_S = 5V$, $V_{CM} = 0V$, $R_P = 2k\Omega$ to $-5V^{(2)}$	106	120		dB
	$0V < V_O < (V_+) - 0.6V$, $V_S = 5V$, $V_{CM} = 0V$, $R_P = 2k\Omega$ to $-5V^{(2)}$, $T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$	106	120		dB
FREQUENCY RESPONSE					
Gain-Bandwidth Product GBW	$C_L = 50pF$		90		MHz
Slew Rate SR	$G = +1$		80		V/ μs
Settling Time, 0.01% ⁽³⁾ t_S	$V_S = +5V$, 4V Step, $G = +1$		2		μs
Overload Recovery Time ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	$V_{IN} \times G = > V_S$		100		ns
OUTPUT					
Voltage Output Swing from Positive Rail	$R_L = 2k\Omega$		400	600	mV
Voltage Output Swing from Negative Rail	$R_L = 2k\Omega$		80	120	mV
Voltage Output Swing from Positive Rail	$R_P = 2k\Omega$ to $-5V^{(2)}$		400	600	mV
Voltage Output Swing from Negative Rail	$R_P = 2k\Omega$ to $-5V^{(2)}$		-20	0	mV
Output Current I_{OUT}			See Typical Characteristics		
Short-Circuit Current I_{SC}			150		mA
Capacitive Load Drive C_{LOAD}			See Typical Characteristics		
Open-Loop Output Impedance R_O	$f = 1MHz$, $I_O = 0A$		40		Ω
POWER SUPPLY					
Specified Voltage Range V_S		2.7		5.5	V
Quiescent Current (per amplifier) I_Q	$I_O = 0A$		7.5	9.5	mA
Over Temperature				10	mA
TEMPERATURE RANGE					
Specified and Operating Range		-40		+125	$^\circ C$
Storage Range		-65		+150	$^\circ C$
Thermal Resistance θ_{JA}					
MSOP-8			150		$^\circ C/W$

(1) 300-hour life test at $150^\circ C$ demonstrated randomly distributed variation approximately equal to measurement repeatability of $1\mu V$.

(2) Tested with output connected only to R_P , a pulldown resistor connected between V_{OUT} and $-5V$, as shown in Figure 5. See also applications section, *Achieving Output Swing to Ground*.

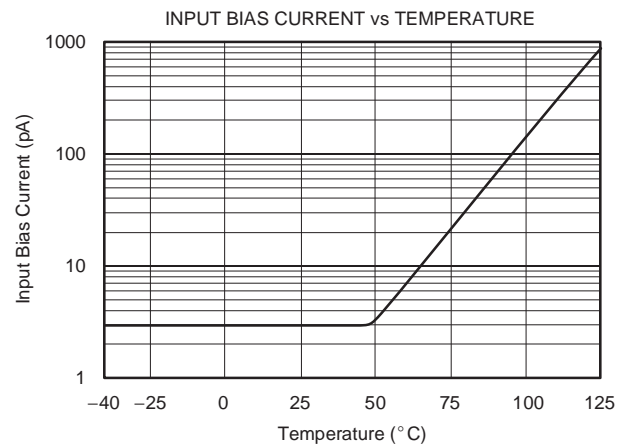
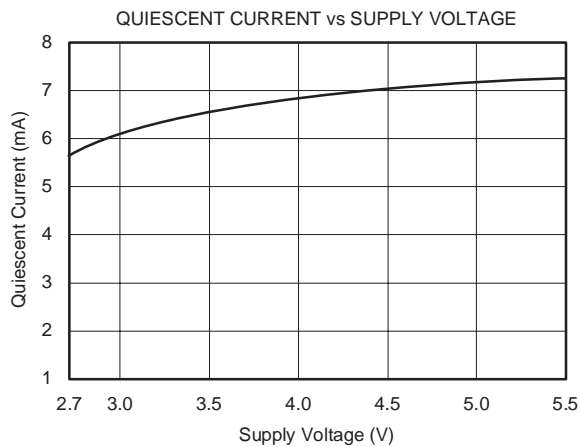
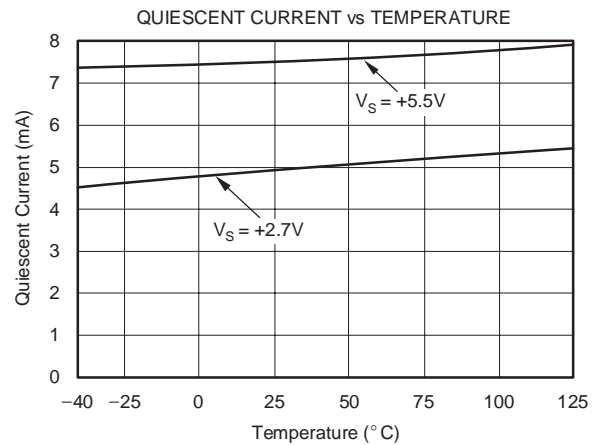
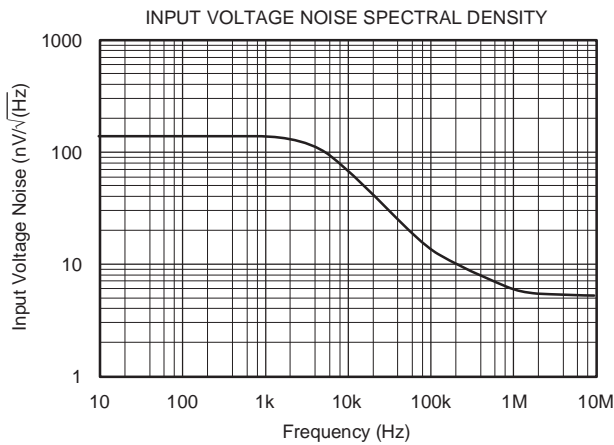
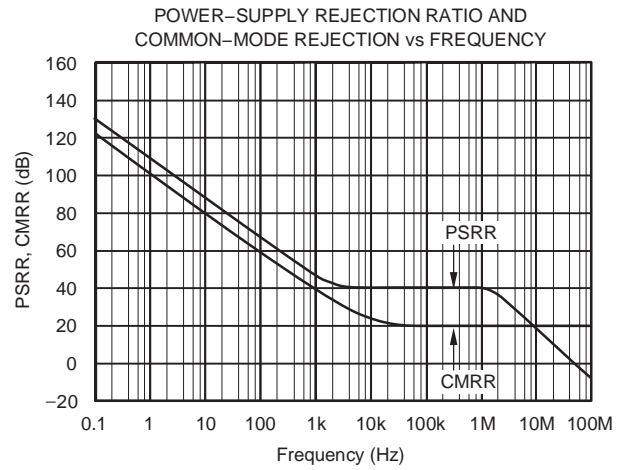
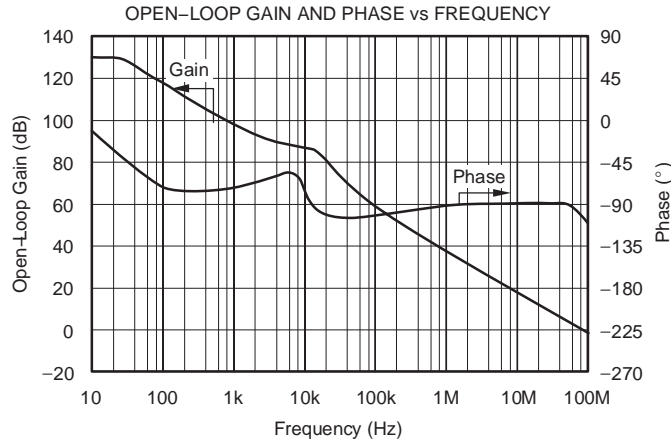
(3) Transimpedance frequency of $1MHz$.

(4) Time required to return to linear operation.

(5) From positive rail.

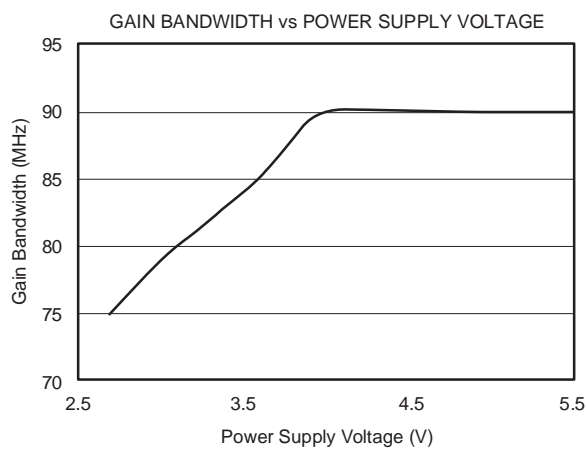
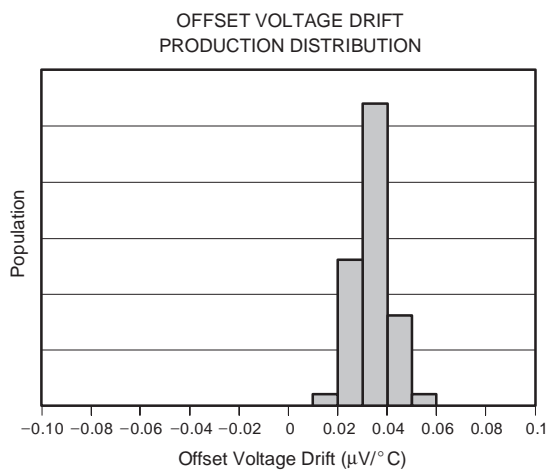
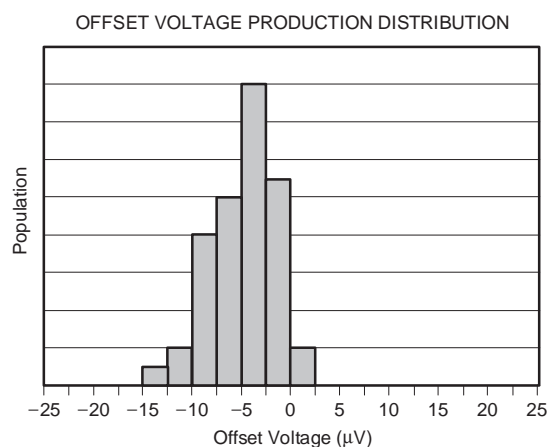
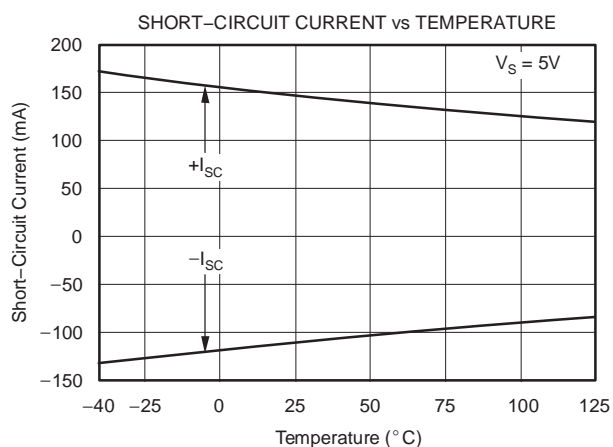
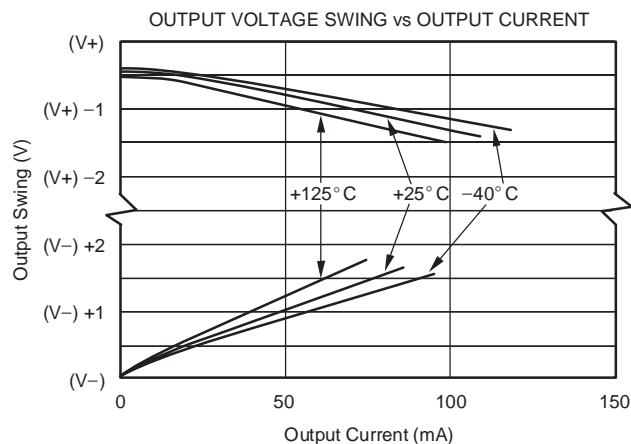
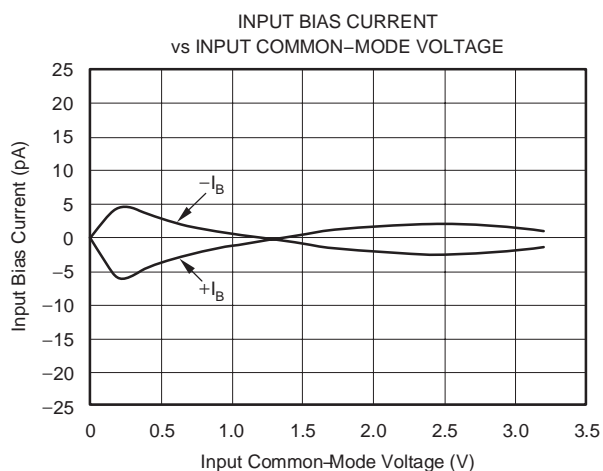
TYPICAL CHARACTERISTICS: $V_S = +2.7V$ to $+5.5V$

All specifications at $T_A = +25^\circ C$, $R_L = 2k\Omega$ connected to $V_S/2$, and $V_{OUT} = V_S/2$, unless otherwise noted.



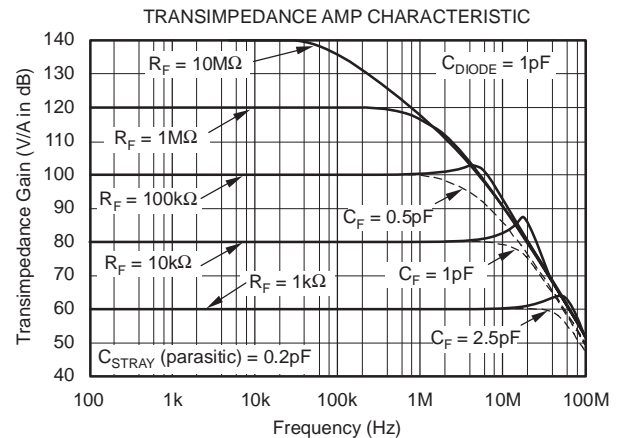
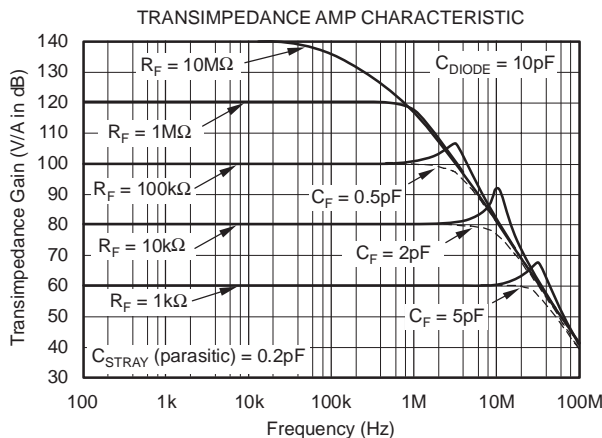
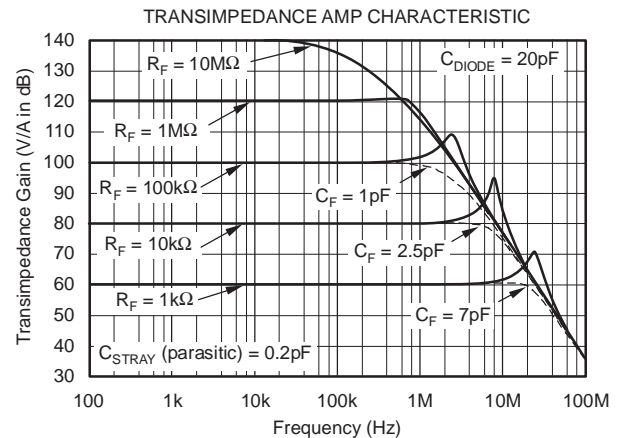
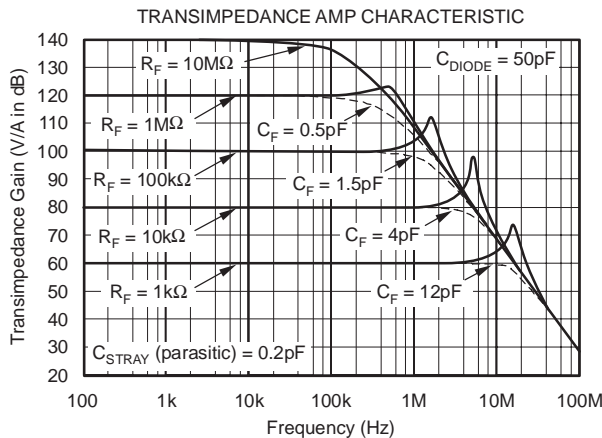
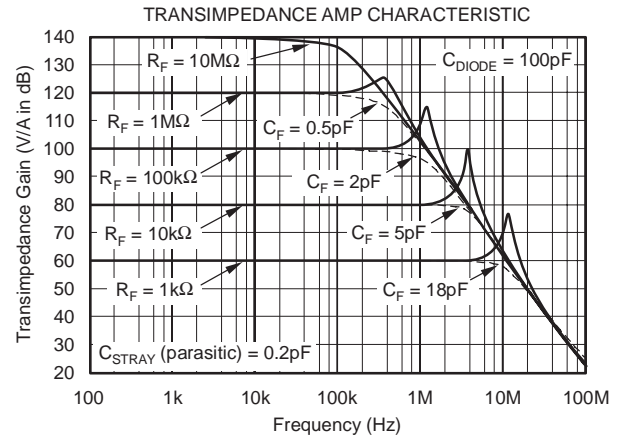
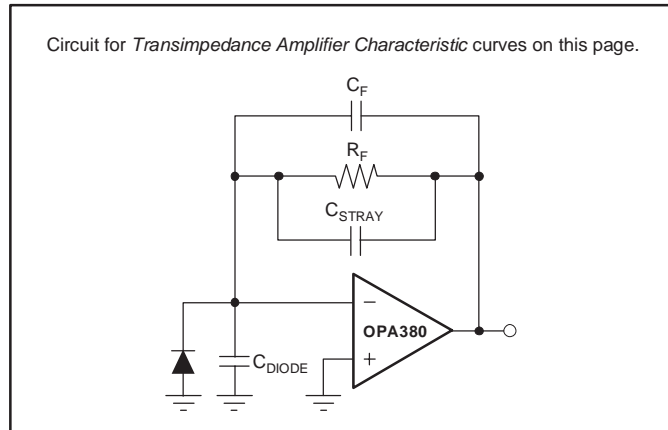
TYPICAL CHARACTERISTICS: $V_S = +2.7V$ to $+5.5V$ (continued)

All specifications at $T_A = +25^\circ C$, $R_L = 2k\Omega$ connected to $V_S/2$, and $V_{OUT} = V_S/2$, unless otherwise noted.



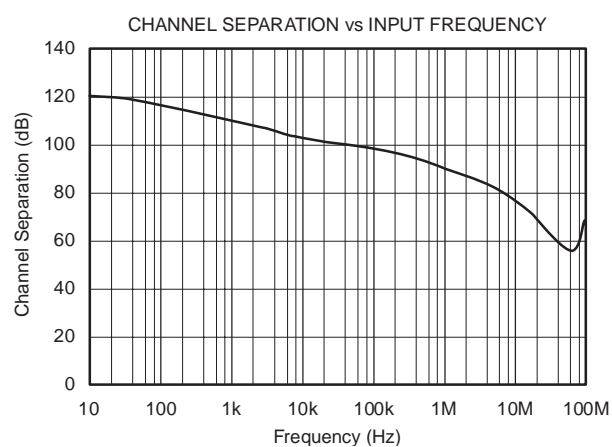
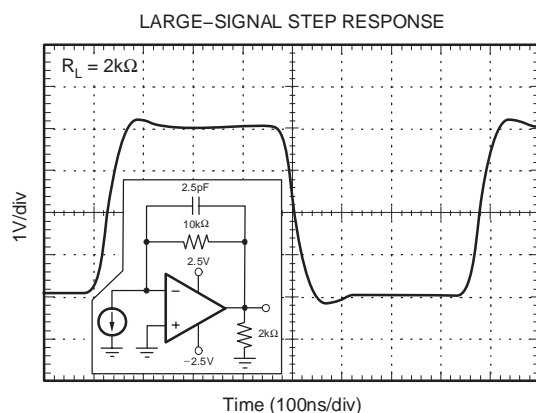
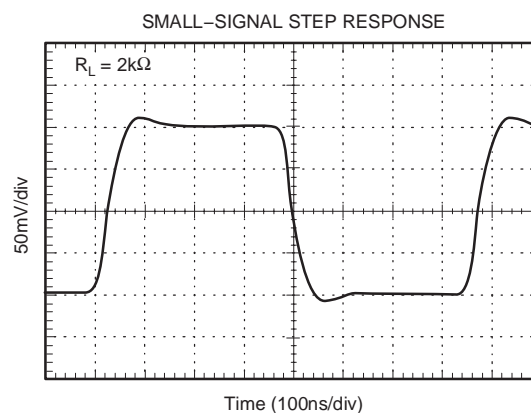
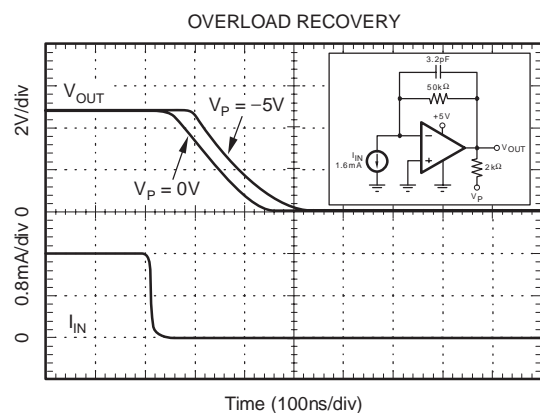
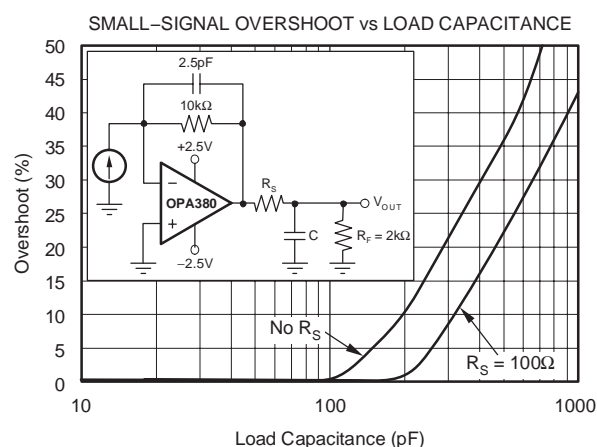
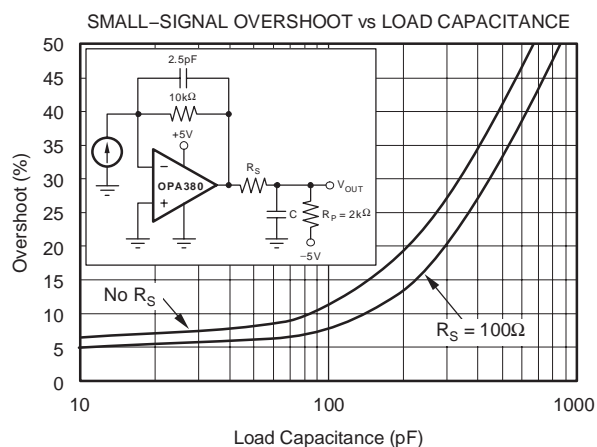
TYPICAL CHARACTERISTICS: $V_S = +2.7V$ to $+5.5V$ (continued)

All specifications at $T_A = +25^\circ C$, $R_L = 2k\Omega$ connected to $V_S/2$, and $V_{OUT} = V_S/2$, unless otherwise noted.



TYPICAL CHARACTERISTICS: $V_S = +2.7V$ to $+5.5V$ (continued)

All specifications at $T_A = +25^\circ C$, $R_L = 2k\Omega$ connected to $V_S/2$, and $V_{OUT} = V_S/2$, unless otherwise noted.



APPLICATIONS INFORMATION

BASIC OPERATION

The OPA380 is a high-performance transimpedance amplifier with very low $1/f$ noise. As a result of its unique architecture, the OPA380 has excellent long-term input voltage offset stability—a 300-hour life test at 150°C demonstrated randomly distributed variation approximately equal to measurement repeatability of $1\mu\text{V}$.

The OPA380 performance results from an internal auto-zero amplifier combined with a high-speed amplifier. The OPA380 has been designed with circuitry to improve overload recovery and settling time over a traditional composite approach. It has been specifically designed and characterized to accommodate circuit options to allow 0V output operation (see Figure 3).

The OPA380 is used in inverting configurations, with the noninverting input used as a fixed biasing point. Figure 1 shows the OPA380 in a typical configuration. Power-supply pins should be bypassed with $1\mu\text{F}$ ceramic or tantalum capacitors. Electrolytic capacitors are not recommended.

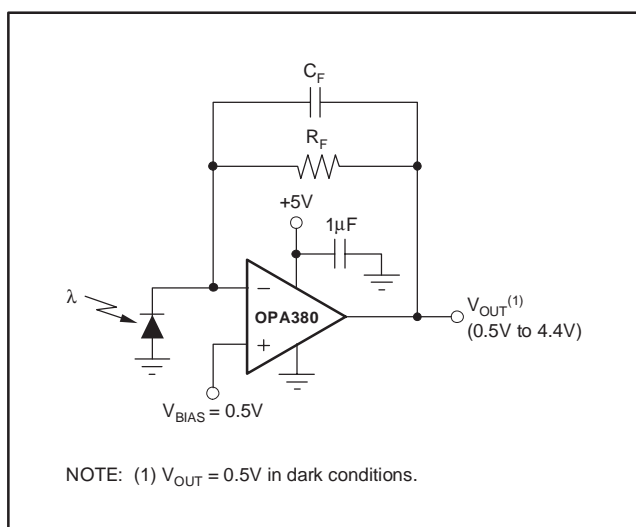


Figure 1. OPA380 Typical Configuration

OPERATING VOLTAGE

The OPA380 series op amps are fully specified from 2.7V to 5.5V over a temperature range of -40°C to $+125^{\circ}\text{C}$. Parameters that vary significantly with operating voltages or temperature are shown in the Typical Characteristics.

INTERNAL OFFSET CORRECTION

The OPA380 series op amps use an auto-zero topology with a time-continuous 90MHz op amp in the signal path. This amplifier is zero-corrected every $100\mu\text{s}$ using a proprietary technique. Upon power-up, the amplifier requires approximately $400\mu\text{s}$ to achieve specified V_{OS} accuracy, which includes one full auto-zero cycle of approximately $100\mu\text{s}$ and the start-up time for the bias circuitry. Prior to this time, the amplifier will function properly but with unspecified offset voltage.

This design has virtually no aliasing and very low noise. Zero correction occurs at a 10kHz rate, but there is very little fundamental noise energy present at that frequency due to internal filtering. For all practical purposes, any glitches have energy at 20MHz or higher and are easily filtered, if required. Most applications are not sensitive to such high-frequency noise, and no filtering is required.

INPUT VOLTAGE

The input common-mode voltage range of the OPA380 series extends from V_- to $(V_+) - 1.8\text{V}$. With input signals above this common-mode range, the amplifier will no longer provide a valid output value, but it will not latch or invert.

INPUT OVERVOLTAGE PROTECTION

Device inputs are protected by ESD diodes that will conduct if the input voltages exceed the power supplies by more than approximately 500mV. Momentary voltages greater than 500mV beyond the power supply can be tolerated if the current is limited to 10mA. The OPA380 series feature no phase inversion when the inputs extend beyond supplies if the input is current limited.

OUTPUT RANGE

The OPA380 is specified to swing within at least 600mV of the positive rail and 100mV of the negative rail with a 2k Ω load with excellent linearity. Swing to the negative rail while maintaining good linearity can be extended to 0V—see the section, *Achieving Output Swing to Ground*. See the Typical Characteristic curve, *Output Voltage Swing vs Output Current*.

The OPA380 can swing slightly closer than specified to the positive rail; however, linearity will decrease and a high-speed overload recovery clamp limits the amount of positive output voltage swing available, as shown in Figure 2.

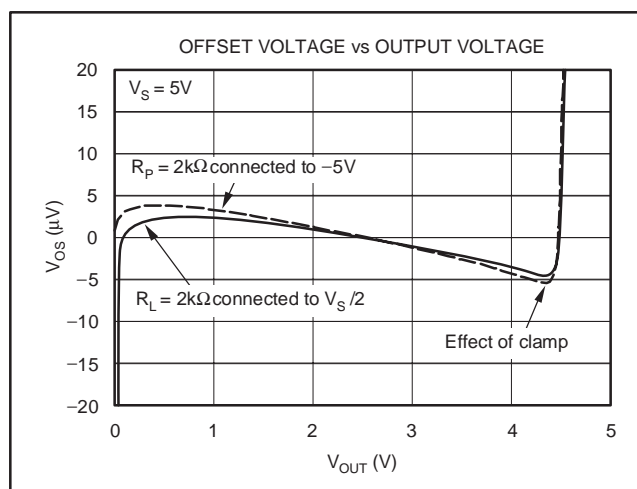


Figure 2. Effect of High-Speed Overload Recovery Clamp on Output Voltage

OVERLOAD RECOVERY

The OPA380 has been designed to prevent output saturation. After being overdriven to the positive rail, it will typically require only 100ns to return to linear operation. The time required for negative overload recovery is greater, *unless* a pull-down resistor connected to a more negative supply is used to extend the output swing all the way to the negative rail—see the following section, *Achieving Output Swing to Ground*.

ACHIEVING OUTPUT SWING TO GROUND

Some applications require output voltage swing from 0V to a positive full-scale voltage (such as +4.096V) with excellent accuracy. With most single-supply op amps, problems arise when the output signal approaches 0V, near the lower output swing limit of a single-supply op amp. A good single-supply op amp may swing close to single-supply ground, but will not reach 0V.

The output of the OPA380 can be made to swing to ground, or slightly below, on a single-supply power source. This extended output swing requires the use of another resistor and an additional negative power supply. A pull-down resistor may be connected between the output and the negative supply to pull the output down to 0V. See Figure 3.

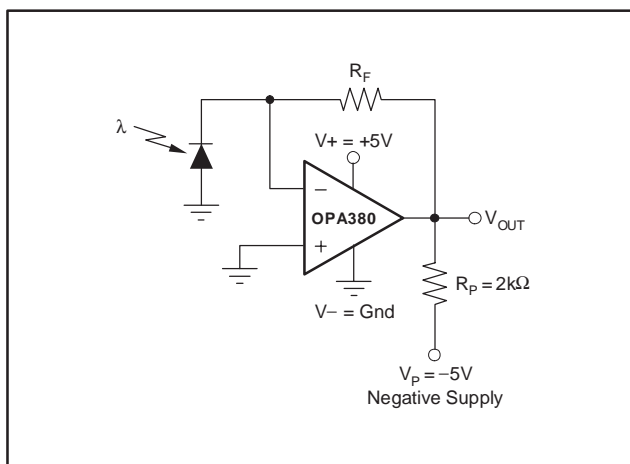


Figure 3. Amplifier with Optional Pull-Down Resistor to Achieve $V_{OUT} = 0V$

The OPA380 has an output stage that allows the output voltage to be pulled to its negative supply rail using this technique. However, this technique only works with some types of output stages. The OPA380 has been designed to perform well with this method. Accuracy is excellent down to 0V. Reliable operation is assured over the specified temperature range.

BIASING PHOTODIODES IN SINGLE-SUPPLY CIRCUITS

The +IN input can be biased with a positive DC voltage to offset the output voltage and allow the amplifier output to indicate a true zero photodiode measurement when the photodiode is not exposed to any light. It will also prevent the added delay that results from coming out of the negative rail. This bias voltage appears across the photodiode, providing a reverse bias for faster operation. An RC filter placed at this bias point will reduce noise, as shown in Figure 4. This bias voltage can also serve as an offset bias point for an ADC with range that does not include ground.

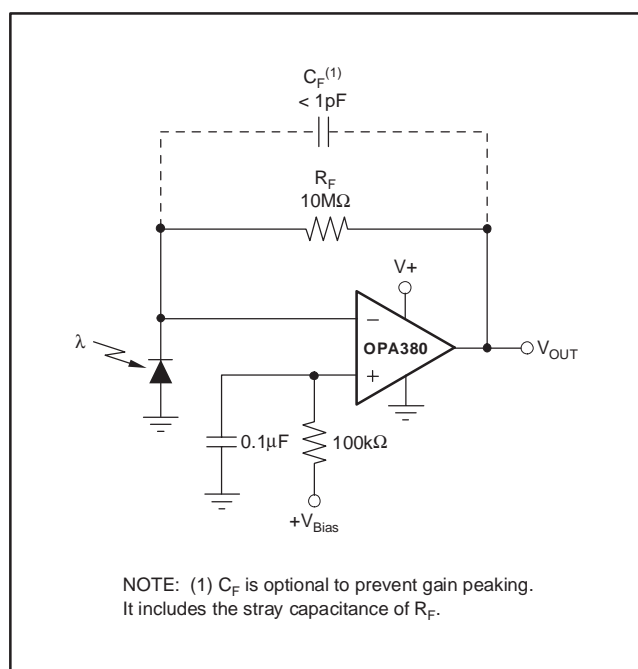


Figure 4. Filtered Reverse Bias Voltage

TRANSIMPEDANCE AMPLIFIER

Wide bandwidth, low input bias current, and low input voltage and current noise make the OPA380 an ideal wideband photodiode transimpedance amplifier. Low-voltage noise is important because photodiode capacitance causes the effective noise gain of the circuit to increase at high frequency.

The key elements to a transimpedance design are shown in Figure 5:

the total input capacitance (C_{TOT}), consisting of the photodiode capacitance (C_{DIODE}) plus the parasitic common-mode and differential-mode input capacitance (3pF + 1.1pF for the OPA380);

the desired transimpedance gain (R_F);

the Gain Bandwidth Product (GBW) for the OPA380 (90MHz).

With these three variables set, the feedback capacitor value (C_F) can be set to control the frequency response. C_{STRAY} is the stray capacitance of R_F , which is 0.2pF for a typical surface-mount resistor.

To achieve a maximally flat, 2nd-order, Butterworth frequency response, the feedback pole should be set to:

$$\frac{1}{2\pi R_F (C_F + C_{STRAY})} = \sqrt{\frac{GBW}{4\pi R_F C_{TOT}}} \quad (1)$$

Bandwidth is calculated by:

$$f_{-3dB} = \sqrt{\frac{GBW}{2\pi R_F C_{TOT}}} \text{ Hz} \quad (2)$$

These equations will result in maximum transimpedance bandwidth. For even higher transimpedance bandwidth, the high-speed CMOS OPA300 (SBOS271 (180MHz GBW)), or the OPA656 (SBOS196 (230MHz GBW)) may be used.

For additional information, refer to Application Bulletin AB-050 (SBOA055), *Compensate Transimpedance Amplifiers Intuitively*, available for download at www.ti.com.

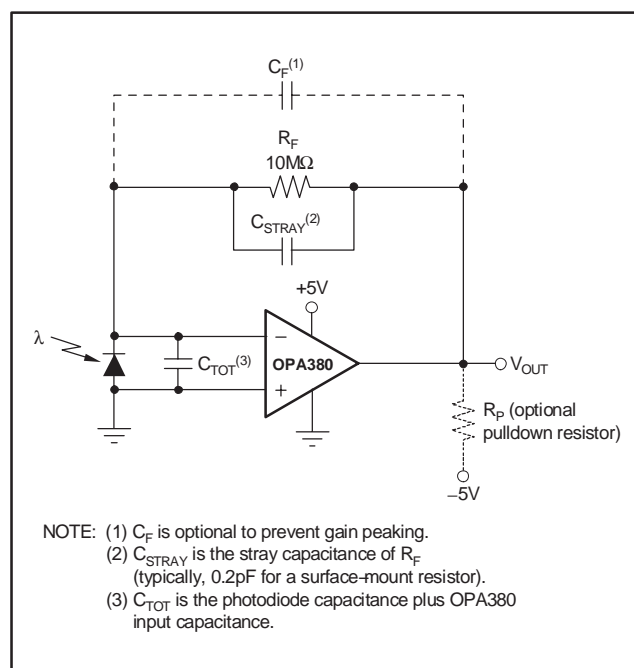


Figure 5. Transimpedance Amplifier

TRANSIMPEDANCE BANDWIDTH AND NOISE

Limiting the gain set by R_F can decrease the noise occurring at the output of the transimpedance circuit. However, all required gain should occur in the transimpedance stage, since adding gain after the transimpedance amplifier generally produces poorer noise performance. The noise spectral density produced by R_F increases with the square-root of R_F , whereas the signal increases linearly. Therefore, signal-to-noise ratio is improved when all the required gain is placed in the transimpedance stage.

Total noise increases with increased bandwidth. Limit the circuit bandwidth to only that required. Use a capacitor, C_F , across the feedback resistor, R_F , to limit bandwidth, even if not required for stability if total output noise is a concern.

Figure 6a shows the transimpedance circuit without any feedback capacitor. The resulting transimpedance gain of this circuit is shown in Figure 7. The -3dB point is approximately 10MHz . Adding a 16pF feedback capacitor (Figure 6b) will limit the bandwidth and result in a -3dB point at approximately 1MHz (see Figure 7). Output noise will be further reduced by adding a filter (R_{FILTER} and C_{FILTER}) to create a second pole (Figure 6c). This second pole is placed within the feedback loop to maintain the amplifier's low output impedance. (If the pole was placed outside the feedback loop, an additional buffer would be required and would inadvertently increase noise and dc error).

Using R_{DIODE} to represent the equivalent diode resistance, and C_{TOT} for equivalent diode capacitance plus OPA380 input capacitance, the noise zero, f_Z , is calculated by:

$$f_Z = \frac{(R_{\text{DIODE}} + R_F)}{2\pi R_{\text{DIODE}} R_F (C_{\text{TOT}} + C_F)} \quad (3)$$

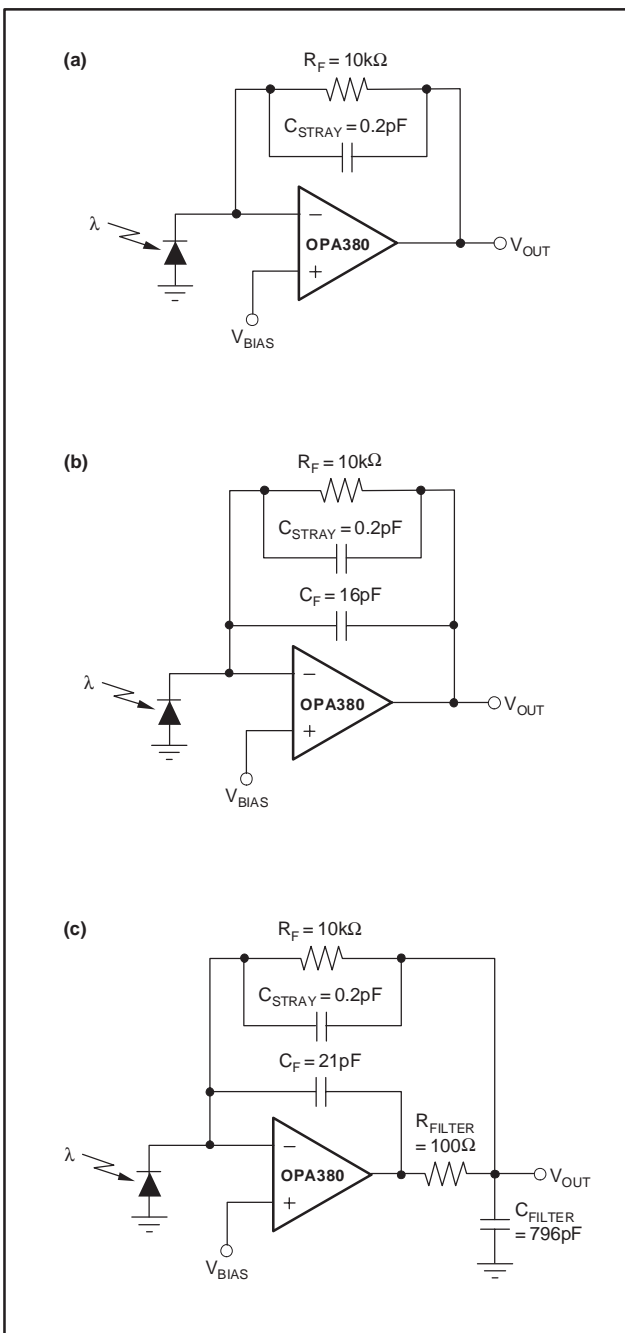


Figure 6. Transimpedance Circuit Configurations with Varying Total and Integrated Noise Gain

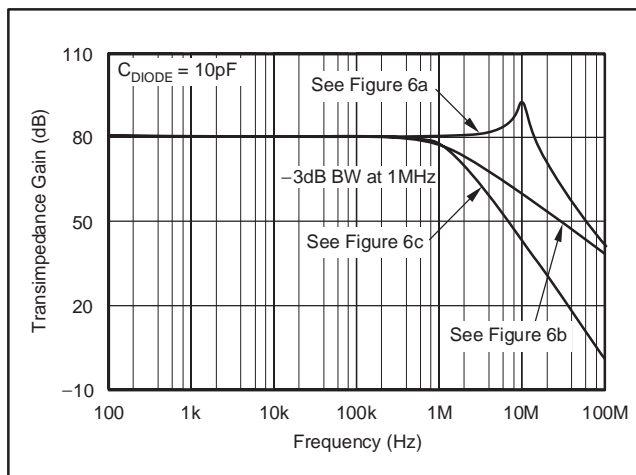


Figure 7. Transimpedance Gains for Circuits in Figure 6

The effect of these circuit configurations on output noise is shown in Figure 8 and on integrated output noise in Figure 9. A 2-pole Butterworth filter (maximally flat in passband) is created by selecting the filter values using the equation:

$$C_F R_F = 2C_{\text{FILTER}} R_{\text{FILTER}} \quad (4)$$

with:

$$f_{-3\text{dB}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_F R_{\text{FILTER}} C_F C_{\text{FILTER}}}} \quad (5)$$

The circuit in Figure 6b rolls off at 20dB/decade. The circuit with the additional filter shown in Figure 6c rolls off at 40dB/decade, resulting in improved noise performance.

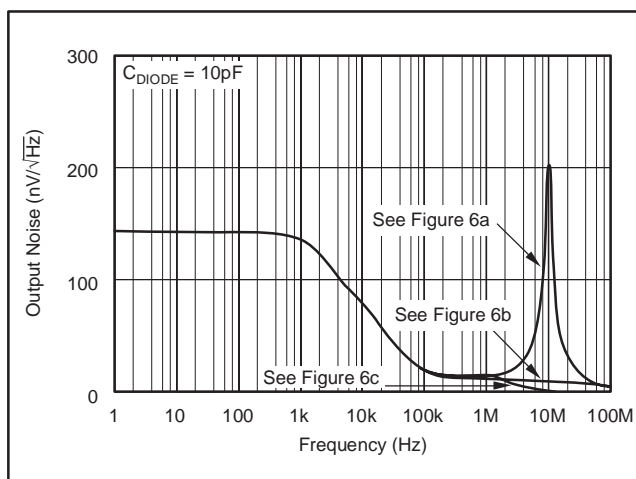


Figure 8. Output Noise for Circuits in Figure 6

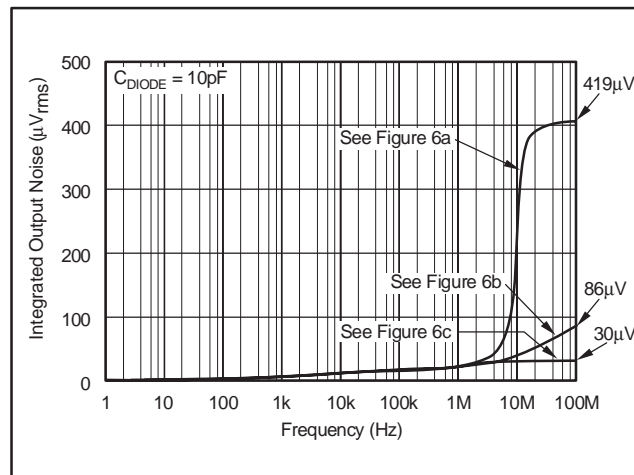


Figure 9. Integrated Output Noise for Circuits in Figure 6

Figure 10 shows the effect of diode capacitance on integrated output noise, using the circuit in Figure 6c.

For additional information, refer to *Noise Analysis of FET Transimpedance Amplifiers* (SBOA060), and *Noise Analysis for High-Speed Op Amps* (SBOA066), available for download from the TI web site.

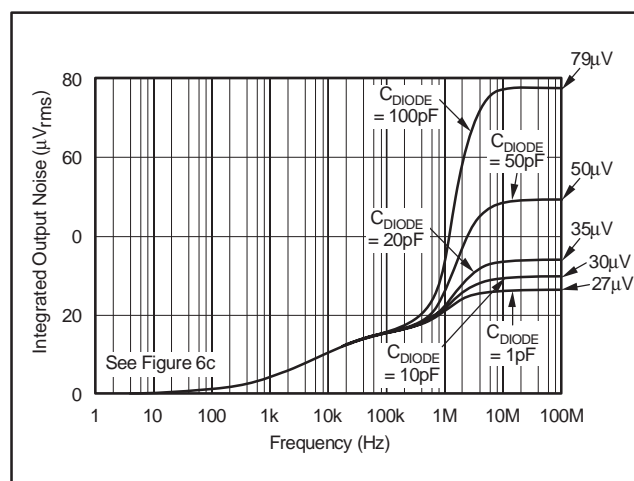


Figure 10. Integrated Output Noise for Various Values of C_{DIODE} for Circuit in Figure 6c

BOARD LAYOUT

Minimize photodiode capacitance and stray capacitance at the summing junction (inverting input). This capacitance causes the voltage noise of the op amp to be amplified (increasing amplification at high frequency). Using a low-noise voltage source to reverse-bias a photodiode can significantly reduce its capacitance. Smaller photodiodes have lower capacitance. Use optics to concentrate light on a small photodiode.

Circuit board leakage can degrade the performance of an otherwise well-designed amplifier. Clean the circuit board carefully. A circuit board guard trace that encircles the summing junction and is driven at the same voltage can help control leakage, as shown in Figure 11.

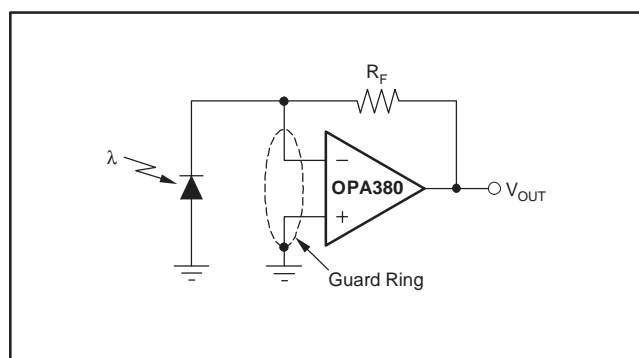


Figure 11. Connection of Input Guard

OTHER WAYS TO MEASURE SMALL CURRENTS

Logarithmic amplifiers are used to compress extremely wide dynamic range input currents to a much narrower range. Wide input dynamic ranges of 8 decades, or 100pA to 10mA, can be accommodated for input to a 12-bit ADC. (Suggested products: LOG101, LOG102, LOG104, and LOG112.)

Extremely small currents can be accurately measured by integrating currents on a capacitor. (Suggested product: IVC102.)

Low-level currents can be converted to high-resolution data words. (Suggested product: DDC112.)

For further information on the range of products available, search www.ti.com using the above specific model names or by using keywords *transimpedance* and *logarithmic*.

CAPACITIVE LOAD AND STABILITY

The OPA380 series op amps can drive up to 500pF pure capacitive load. Increasing the gain enhances the amplifier's ability to drive greater capacitive loads (see the Typical Characteristic curve, *Small-Signal Overshoot vs Capacitive Load*).

One method of improving capacitive load drive in the unity-gain configuration is to insert a 10Ω to 20Ω resistor in series with the load. This reduces ringing with large capacitive loads while maintaining DC accuracy.

DRIVING FAST 16-BIT ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTERS (ADC)

The OPA380 series is optimized for driving a fast 16-bit ADC such as the ADS8411. The OPA380 op amp buffers the converter's input capacitance and resulting charge injection while providing signal gain. Figure 12 shows the OPA380 in a single-ended method of interfacing the ADS8411 16-bit, 2MSPS ADC. For additional information, refer to the ADS8411 data sheet.

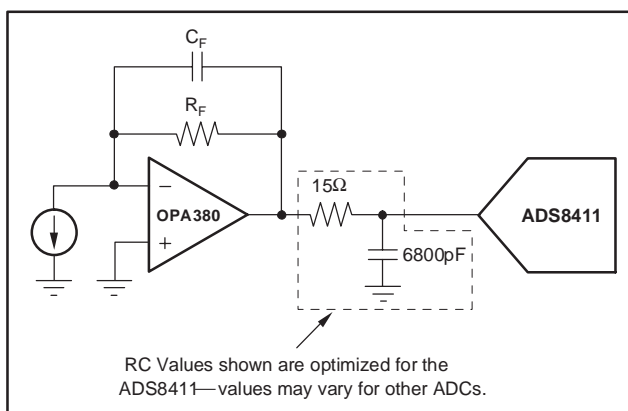


Figure 12. Driving 16-Bit ADCs

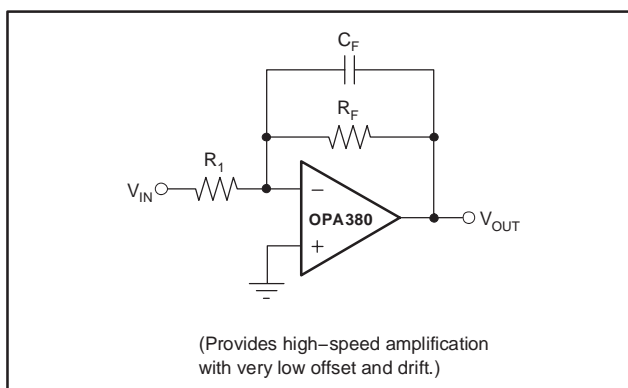


Figure 13. OPA380 Inverting Gain Configuration

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status ⁽¹⁾	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan ⁽²⁾	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp ⁽³⁾
OPA2380AIDGKR	ACTIVE	MSOP	DGK	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
OPA2380AIDGKRG4	ACTIVE	MSOP	DGK	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
OPA2380AIDGKT	ACTIVE	MSOP	DGK	8	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
OPA2380AIDGKTG4	ACTIVE	MSOP	DGK	8	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
OPA380AID	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
OPA380AIDG4	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
OPA380AIDGKR	ACTIVE	MSOP	DGK	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
OPA380AIDGKRG4	ACTIVE	MSOP	DGK	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
OPA380AIDGKT	ACTIVE	MSOP	DGK	8	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
OPA380AIDGKTG4	ACTIVE	MSOP	DGK	8	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
OPA380AIDR	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR
OPA380AIDRG4	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR

⁽¹⁾ The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

⁽²⁾ Eco Plan - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS), Pb-Free (RoHS Exempt), or Green (RoHS & no Sb/Br) - please check <http://www.ti.com/productcontent> for the latest availability information and additional product content details.

TBD: The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.

Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

Pb-Free (RoHS Exempt): This component has a RoHS exemption for either 1) lead-based flip-chip solder bumps used between the die and package, or 2) lead-based die adhesive used between the die and leadframe. The component is otherwise considered Pb-Free (RoHS compatible) as defined above.

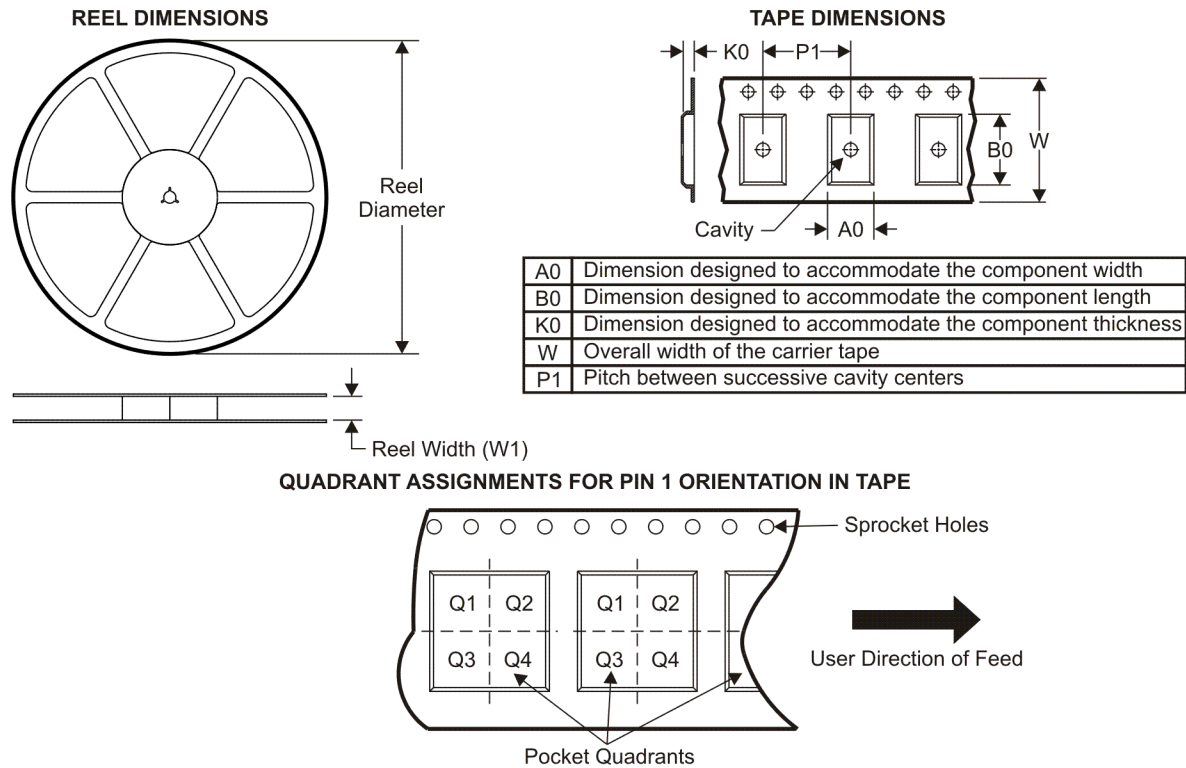
Green (RoHS & no Sb/Br): TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material)

⁽³⁾ MSL, Peak Temp. -- The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

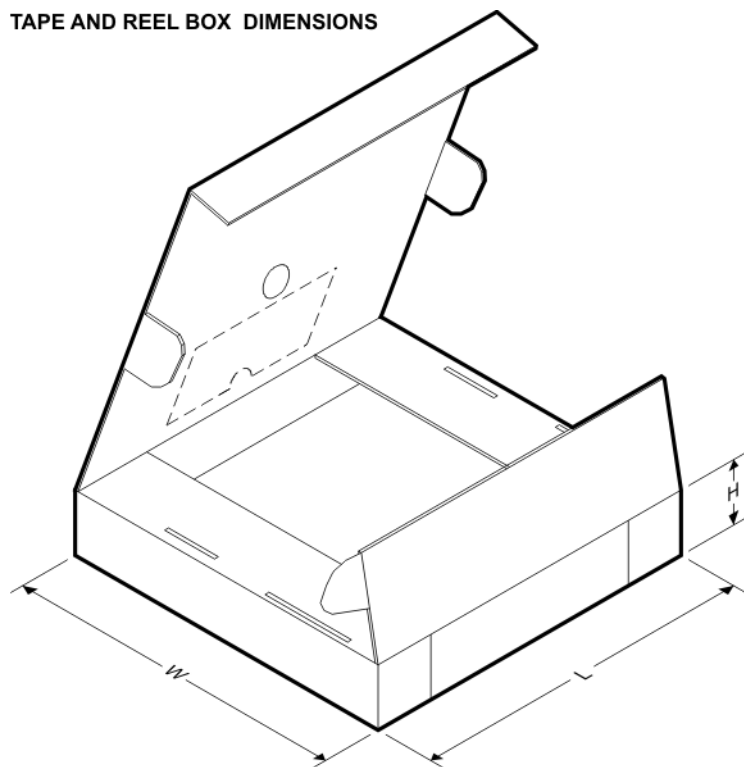
TAPE AND REEL INFORMATION



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
OPA2380AIDGKR	MSOP	DGK	8	2500	330.0	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
OPA2380AIDGKT	MSOP	DGK	8	250	180.0	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
OPA380AIDGKR	MSOP	DGK	8	2500	330.0	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
OPA380AIDGKT	MSOP	DGK	8	250	180.0	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
OPA380AIDR	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
OPA2380AIDGKR	MSOP	DGK	8	2500	346.0	346.0	29.0
OPA2380AIDGKT	MSOP	DGK	8	250	190.5	212.7	31.8
OPA380AIDGKR	MSOP	DGK	8	2500	346.0	346.0	29.0
OPA380AIDGKT	MSOP	DGK	8	250	190.5	212.7	31.8
OPA380AIDR	SOIC	D	8	2500	346.0	346.0	29.0

DGK (S-PDSO-G8)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE

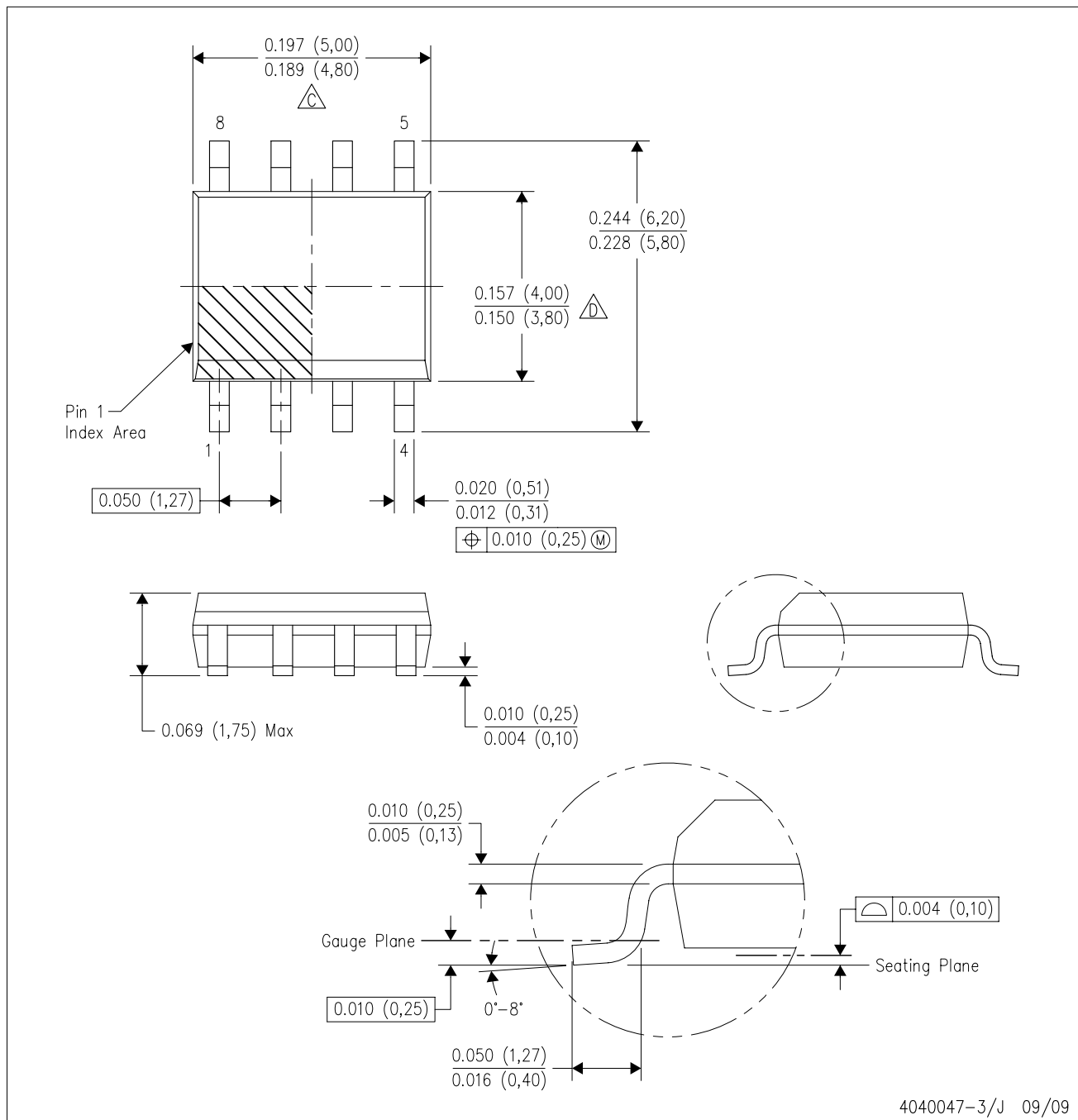


NOTES:

- A. All linear dimensions are in millimeters.
- B. This drawing is subject to change without notice.
- C. Body length does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 per end.
- D. Body width does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0.50 per side.
- E. Falls within JEDEC MO-187 variation AA, except interlead flash.

D (R-PDSO-G8)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body length does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed .006 (0,15) per end.
 - D. Body width does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed .017 (0,43) per side.
 - E. Reference JEDEC MS-012 variation AA.

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of TI information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation. Information of third parties may be subject to additional restrictions.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

TI products are not authorized for use in safety-critical applications (such as life support) where a failure of the TI product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death, unless officers of the parties have executed an agreement specifically governing such use. Buyers represent that they have all necessary expertise in the safety and regulatory ramifications of their applications, and acknowledge and agree that they are solely responsible for all legal, regulatory and safety-related requirements concerning their products and any use of TI products in such safety-critical applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by TI. Further, Buyers must fully indemnify TI and its representatives against any damages arising out of the use of TI products in such safety-critical applications.

TI products are neither designed nor intended for use in military/aerospace applications or environments unless the TI products are specifically designated by TI as military-grade or "enhanced plastic." Only products designated by TI as military-grade meet military specifications. Buyers acknowledge and agree that any such use of TI products which TI has not designated as military-grade is solely at the Buyer's risk, and that they are solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

TI products are neither designed nor intended for use in automotive applications or environments unless the specific TI products are designated by TI as compliant with ISO/TS 16949 requirements. Buyers acknowledge and agree that, if they use any non-designated products in automotive applications, TI will not be responsible for any failure to meet such requirements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

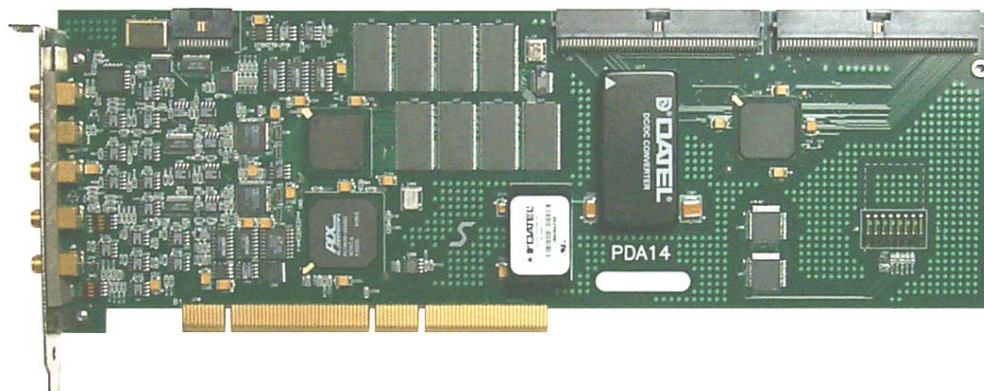
Products

Amplifiers	amplifier.ti.com
Data Converters	dataconverter.ti.com
DLP® Products	www.dlp.com
DSP	dsp.ti.com
Clocks and Timers	www.ti.com/clocks
Interface	interface.ti.com
Logic	logic.ti.com
Power Mgmt	power.ti.com
Microcontrollers	microcontroller.ti.com
RFID	www.ti-rfid.com
RF/IF and ZigBee® Solutions	www.ti.com/lprf

Applications

Audio	www.ti.com/audio
Automotive	www.ti.com/automotive
Broadband	www.ti.com/broadband
Digital Control	www.ti.com/digitalcontrol
Medical	www.ti.com/medical
Military	www.ti.com/military
Optical Networking	www.ti.com/opticalnetwork
Security	www.ti.com/security
Telephony	www.ti.com/telephony
Video & Imaging	www.ti.com/video
Wireless	www.ti.com/wireless

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated



FEATURES

- 2 Channels at up to 100 MHz Sample Rate
- 14 Bits of Resolution
- Bandwidth from DC-50 MHz
- 512 Megabytes of On-Board Memory
- 500 MB/s Transfer via Signatec Auxiliary Bus (SAB)
- 266 MB/s Transfer (Peak) Over PCI Bus
- 64/32 Bit PCI Plug and Play Compatible Board

APPLICATIONS

- Radar
- Mass Spectroscopy
- Mass Spectrometry – Time of Flight
- Communications
- Ultrasound
 - Medical Diagnostics / Non Destructive Testing
- Laser Doppler Velocimetry
- High Speed Waveform Capture

OVERVIEW

The PDA14 is a dual channel waveform capture board which provides a tremendous combination of high speed and high resolution along with an extremely large memory capacity. The entire 512 MB memory may be used as a giant FIFO for acquiring data directly to either the SAB or PCI bus. Tests have shown that a very large FIFO memory is required to prevent data loss when performing continuous data streaming over the PCI bus.

The PDA14 is a 64-bit PCI compatible board equipped with standard 'Plug and Play' features common in PCI systems. It is capable of Bus Master DMA data transfers at up to a peak of 266 megabytes/second and a sustained rate of 250 megabytes/second. It can also operate in 32-bit PCI slots in which case the transfer rate will be limited to about 125 megabytes per second.

The PDA14 incorporates the advanced Signatec Auxiliary Bus (SAB) that allows for data transfers of up to 500 megabytes/second. This allows for the high-speed transfer of data to fast processor boards, such as Signatec's PMP8A, or other peripherals. The SAB also incorporates device control features for operating the PDA14 independent of the host bus.

The PDA14 is equipped with an interconnect port to allow multiple boards to be interconnected in a Master/Slave configuration. Up to three Slave boards may be operated with one Master. Master/Slave connections are via a ribbon cable that connects at the top of the board. In this configuration the clock and trigger signals from the Master drive the Slave boards so that data sampling on all boards occurs simultaneously.

The PDA14 has six software selectable signal amplitude ranges from a maximum of 3.0 volts down to 200 millivolts full scale.

External clock and trigger signals are provided via SMA connectors on the back bracket. Also provided is a user selectable digital output signal for synchronization purposes. Effectively, twenty-two internal clock frequencies may be selected, from 100 MHz down to 97.7 kHz in factors of 2 or from 62.5 MHz down to 61.0 kHz in factors of 2. The PDA14 supports single shot, segmented, and pretrigger triggering modes.

HARDWARE DESCRIPTION

The figure on the next page shows a simplified mechanization for the PDA14. The input signals may be set for either DC or AC coupling. The signal conditioning provides six voltage ranges from 200 millivolts to 3.0 volts peak-to-peak full scale. A low pass filter sets the channel bandwidth to 50 MHz. For test purposes, the ADC input may be fed a sine wave test signal (not shown) for measuring the AC performance at 25 MHz.

The data input to RAM FIFO 1 can be considered to be two separate 16-bit data streams. The latches and multiplexers at the output of the ADCs allows for capturing data from both channels or from channel 1 only or channel 2 only.

The Pretrigger Samples Shift Registers are programmable in length up to 4k samples. They can be used to capture pretrigger samples in either the Single Shot or Segmented trigger modes. Before a trigger is received, data is written into the shift registers but goes no further. After receiving a trigger, data samples start to be written into RAM FIFO 1. See the section “Trigger Modes and Options” for trigger mode details.

The ADCs always operate at either 100 MHz or 62.5 MHz when the internal clock is used or else at the external clock frequency. Operation at reduced rates is accomplished by dropping out the appropriate data bytes from the data stream. Thus the effective sample rate is divided from 2 to 1024 in factors of 2.

Data is written into the SDRAM via FIFO1 and read from RAM via FIFO2. The RAM operates at a clock rate of 133 MHz so it has a bandwidth capability of slightly greater than 500 MB/s. When data is being acquired at a rate of 250 MB/s or less (62.5 MHz on 2 channels or 100 MHz on single channel), it is possible to operate the board in Buffered Acquisition mode. In this mode the RAM is operated as a very large FIFO for acquiring data directly to the PCI bus or SAB.

The PDA14 has 12 operating modes as follows:

- Standby
- Acquisition to RAM
- Acquisition to PCI Bus
- Buffered Acquisition to PCI bus (RAM as FIFO)
- Acquisition to SAB
- Buffered Acquisition to SAB (RAM as FIFO)
- Data Transfer, RAM to PCI bus
- Data Transfer, RAM to SAB
- Write RAM (from PCI bus)
- Write RAM (from SAB)
- Read Time Stamps (from PCI bus)
- Read Time Stamps (from SAB)

The RAM write mode is typically used to test the on-board memory by writing data via the PCI bus and reading back via a RAM-to-PCI transfer.

External Inputs/Outputs

Besides the signal input, the PDA14 also provides SMA connections for a clock input, a trigger input, and a digital output signal. The clock input can be selected as the ADC sample clock. The external trigger can be used to synchronize the start of data acquisition with an external event. Trigger parameters such as trigger level, slope, etc. are user programmable. The digital output is a user selectable signal. The list of selections is TBD.

Trigger Modes and Options

In data acquisition mode three triggering modes are available: single shot, segmented, or pretrigger. In the single shot mode, following the detection of a trigger signal, all of the active memory is filled. In the segmented mode a separate trigger signal is required to successively fill each memory segment until all of the active memory is filled. In the pretrigger mode the board is armed and continuously fills the entire active memory until a stop trigger is detected, after which a programmed number of post trigger samples are taken before acquisition is terminated. The pretrigger mode may be used to see signal information both before and after the trigger signal.

Samples Settings

There are several board settings that affect the quantity and method of acquiring samples.

Active Memory Size – In the “post-trigger modes” this is the number of samples that will be taken after which the memory will be considered “full” and the acquisition is terminated. When a full condition is detected, a flag is set which may be read by the PC or software selected to cause a PC interrupt or send an interrupt over the SAB. The amount of memory that is activated for data acquisition may be set from 8 bytes to the full 512 megabytes in steps of 8 bytes.

Segment Size – In Segmented Mode this is the number of samples that will be taken each time a valid trigger signal is detected.

Pretrigger Samples – In Single Shot or Segmented Modes, this is the number of samples that will be recorded into RAM that occurred before the trigger.

Delayed Trigger – This sets a delay between the actual applied trigger and the effective trigger for the board. The delay range is from 0 to 64k digitizer clock cycles. In Pretrigger Samples mode the delayed trigger setting establishes the number of post-trigger samples that will be recorded.

Time Stamps

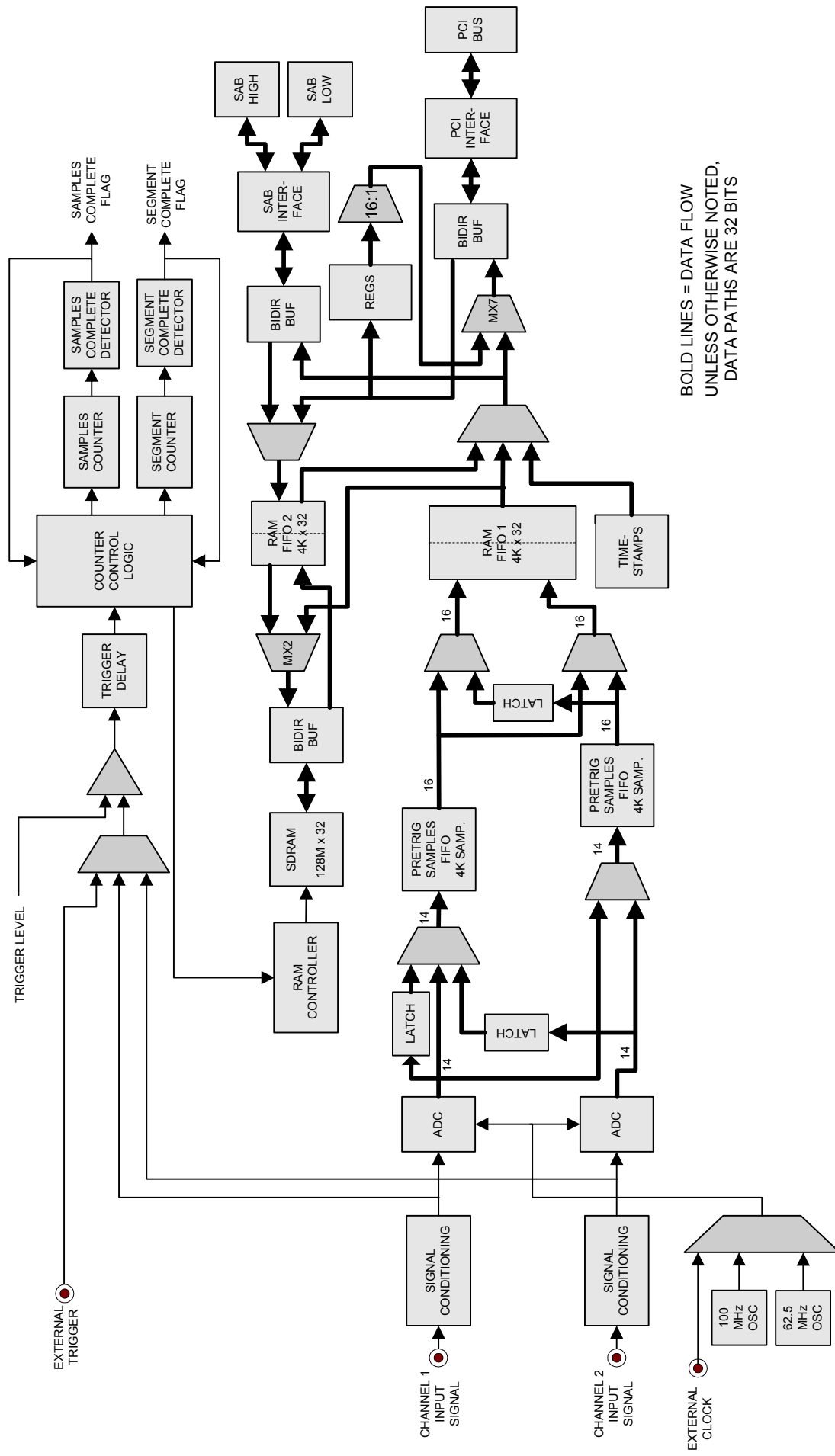
In Segmented Mode “time stamps” allow for storing the time relationship between the memory segments. Time Stamps are 32 bit timer values with a clock resolution of 7.5 nanoseconds. Up to 2048 time stamps are accumulated in memory separate from the data. Time stamps are read after the acquisition is completed.

SAB Operation

The PDA14 can perform SAB data transfers at 64 bits, or at 32 bits over either the high (SABH) or low (SABL) bus ports. This provides flexibility when multiple boards are incorporated into a system. At 64 bits the maximum transfer rate is 500 MB/s.

PCI Operation

The PDA14 is capable of sustaining a long-term data-transfer rate, over the PCI bus, of 250 megabytes per second when installed in a 64 bit PCI slot. It can also be installed in traditional 32-bit slots in which case the maximum rate is about 125 megabytes per second.



PDA14 FUNCTIONALITY

SOFTWARE, SYSTEM, AND PERFORMANCE DETAILS

Software

The PDA14 is supplied with the following software:

- Windows NT/2000/XP and Linux Drivers
- C Function Library with source code
- PDA14 Class (C++) that wraps the Library functions and handles the tedious initializations and basic operations.
- Software manual that describes how to use the available library of functions to create larger applications or systems.
- A board diagnostics self test program.
- Multiple Coding examples
 - ✓ Acquire with DMA transfer to PC
 - ✓ Digital oscilloscope interface software
 - ✓ Using multiple PDA14 boards (with Master/Slave support)
 - ✓ SAB data transfer examples

Maestro support for the PDA14

- Menu driven board settings for multiple PDA14 boards
- Using the PDA14 as a high-speed recording system
- Using the PDA14 as a high-speed recording system with the PMP8A (or any other SAB Active Slave capable device)
- Data Analysis tools for poking/peeking onboard memory

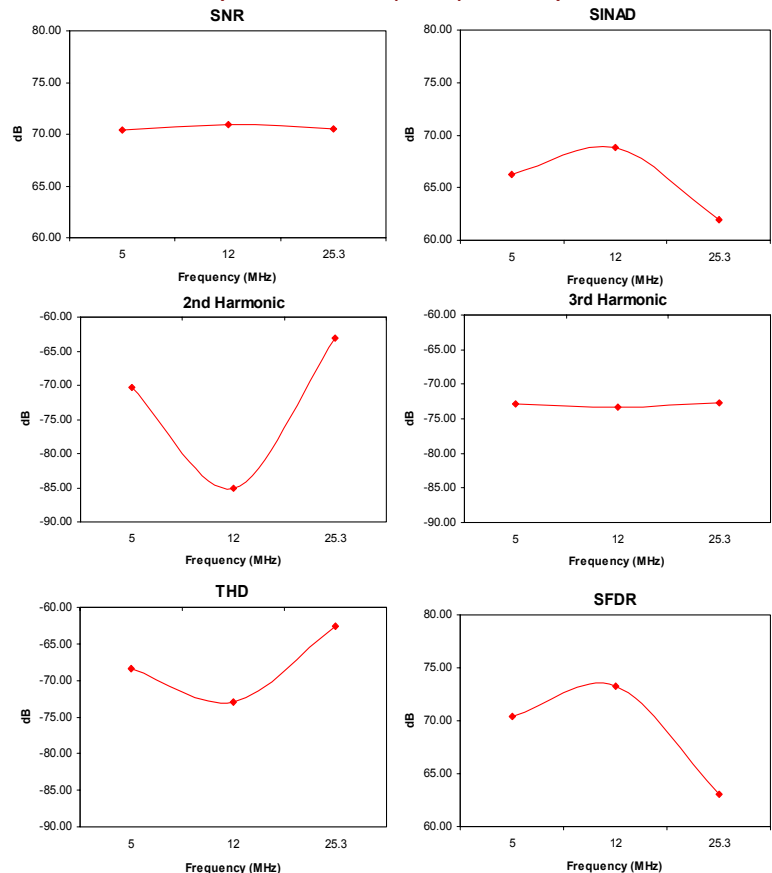
System Capabilities

The system solution offered by Signatec is based on supplying a comprehensive range of products incorporating the Signatec Auxiliary Bus. This 64-bit bus provides transfer rates up to 500 MB/s. SAB boards act as modular building blocks for constructing high performance systems that mechanize a wide variety of applications. Shown in the figure below are elements of such a system. Many systems can be constructed using standard desktop PC's. For demanding applications Signatec can supply a total turnkey system utilizing one of our industrial computer systems.

Devices connected to the SAB may communicate via SAB interrupt and control lines. This allows the boards to accomplish multiple acquisition, transfer, and processing cycles under control of the signal processor device, without PC intervention. Bypassing the host bus and operating system can significantly improve system performance.



Typical Performance (dB versus Frequency in MHz)



DEFINITION OF TERMS

SINAD: Signal to Noise and Distortion: The ratio of the fundamental sinusoidal signal power to the total noise and distortion component power. In other words this is the ratio of the fundamental signal power to the measured power from the remainder of the detectable spectrum from dc to 50 MHz.

SNR: Signal to Noise Ratio: The ratio of the fundamental sinusoidal signal power to the noise power. For this data sheet noise is considered to be the power from all spectral components except for the fundamental signal, the first harmonic, and the second harmonic.

THD: Total Harmonic Distortion: The ratio of the total power of the second and third harmonics to the fundamental sinusoidal power.

Second Harmonic Distortion: The ratio of the power at twice the fundamental frequency to the power of the fundamental sinusoid.

Third Harmonic Distortion: The ratio of the power at three times the fundamental frequency to the power of the fundamental sinusoid.

SFDR: Spurious Free Dynamic Range: The ratio of the fundamental sinusoidal power to the power of the next highest spurious signal. Normally the highest spurious signal is the second or third harmonic.

TEST METHOD

A filtered sine wave signal is applied to the channel 1 and channel 2 inputs. Test frequencies used are 5.0, 12.0, and 25.3 MHz. The digitizer clock setting is 100 MHz. The voltage range is 600mV. Signal amplitude is set for 95% of full scale. Performance measurements are made using a 4096 point FFT with a Blackman-Harris window. Signatec uses the first 10 bins to represent the DC term, 64 bins centered around the peak for the fundamental signal power, 9 bins centered at twice the fundamental for the second harmonic and 9 bins centered at three times the fundamental for the third harmonic. All other bins are considered to be noise. (NOTE: large number of bins for the fundamental is necessary so that energy in the side lobes of the window function is not misinterpreted as noise or spurs.)

PDA14 SPECIFICATIONS AND ORDERING INFORMATION

External Signal Connections (SMA)

Analog Input, Channel 1
Analog Input, Channel 2
Clock Input
Trigger Input
Digital Output

Analog Inputs

Full Scale Volt. Ranges: 200mV, 333mV, 600mV, 1.00V, 1.66V, 3.00V
Impedance : 50 ohms
Bandwidth : 50 MHz
Equivalent Noise : 0.5 lsb RMS (typical)
Coupling : AC or DC¹

External Trigger

Impedance : 1k ohms
Trigger Level : ± 1.75 Volts
Adjustment Method : via 12 bit DAC
Bandwidth : 50 MHz
Coupling : DC

External Clock

Signal Type : sine wave or square wave
Coupling : AC
Impedance : 50 ohms
Frequency : 30 MHz to 100 MHz
Amplitude : 100 mV p-p to 2.0 V p-p

Digital Output

Type : TTL Logic Level
Max. Frequency : 100 MHz
Suggested Load : 1k ohms
Amplitude : TTL

DC Offset Voltage

Resolution: : 12 bit DAC
Range : $\pm 1.1 \times$ FS ADC input

Digitizer

Voltage Range : 2.0V p-p full scale
Resolution : 14 bits
Linearity, Integral : ± 0.5 lsb max.
Linearity, Differential : ± 0.75 lsb max.
Aperture Jitter : < 0.5 pS typical

Internal Clock

Available Rates : 100 MHz down to 97.6 kHz in factors of 2
62.5 MHz down to 61.0 kHz in factors of 2
Accuracy : $\pm 0.01\%$

Trigger Modes

Post Trigger : single start trigger fills active memory
Pre-trigger : single trigger stops acquisition
Segmented : start trigger for each memory segment

Trigger Options

Pre-trigger Samples : samples prior to trigger are stored; Single Channel: 8k max.; Dual Channel: 4k max per channel
Delayed Trigger : delay from trigger to data storage; Up to 64k digitizer clock cycles

Memory

Active Size : Up to 256 MegaSamples
Segment Size : Up to 128 Megasamples
Start Address Setting : Anywhere in memory
Segment re-arm time² : 150 nanoseconds
Addressing : DMA transfer from starting address
Memory Address (PC) : Plug and Play selected

I/O Addressing

PCI Controller Address : 64 bytes, Plug and Play selected
Control/Status Registers: 32 bytes, Plug and Play selected

Signatec Auxiliary Bus

Data Transfer Modes : Block or Packet
Data Transfer Rates : 500 MB/s max @ 64 bits
Data Direction : output only

Power Requirements

+12V : 400mA Amps max.
+5V : 1.5 Amps max.
+3.3V : 2.3 Amps max.

Absolute Maximum Ratings

Analog Inputs : ± 5 volts
Trigger Input : ± 5 volts
Clock Input : 5 volts peak to peak
Ambient Temperature : 0 to 50 °C

PDA14 Board

Part Number: PDA14

SAB Cables

Refer to the "SAB Cable Assembly Ordering Guide" to select and order the appropriate cable assemblies.

Master-Slave Cables

The PDA14 may be software configured to operate as a Master or a Slave in a multiple board system. In order to operate in a Master/Slave configuration a 20-pin ribbon cable is required to connect the boards. This cable is ordered using the basic part number PDA14MS-X where X is the total number of boards connected together. Master/Slave boards must occupy adjacent slots. The maximum number of boards to be connected is one master and three slaves.

Documentation & Accessories

The PDA14 is supplied with a comprehensive operator's manual, which thoroughly describes the operation of both the hardware and the software. Also supplied are two four-foot coaxial cables with BNC to SMA connectors. Extra cables may be purchased from Signatec. Supplied software disks contain a function library for Microsoft Visual C/C++, example programs, and all source code to libraries and examples.

Customer Support

The Signatec Web Site: www.signatec.com is the primary access point for software updates, documentation updates, or technical support. For the best technical support it is very important to follow the instructions on the technical support page.

Product Warranty

All Signatec products carry a full 3-year warranty. During the warranty period, Signatec will repair or replace any defective product at no cost to the customer. This warranty does not cover customer misuse or abuse of the products or physical damage not reported within 15 days of the time of shipment by Signatec.

Notes:

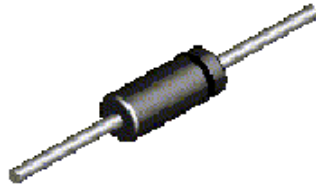
1. Selected via dip switch.
2. In segmented mode, time from the end of a segment until a trigger will be accepted to begin another segment acquisition.

Signatec reserves the right to make changes in this specification at any time without notice. The information furnished herein is believed to be accurate, however no responsibility is assumed for its use.

Data Sheet Revision 1.00 - Date 05-16-2005



1N/FDLL 914/A/B / 916/A/B / 4148 / 4448



DO-35



LL-34

THE PLACEMENT OF THE EXPANSION GAP
HAS NO RELATIONSHIP TO THE LOCATION
OF THE CATHODE TERMINAL

COLOR BAND MARKING

DEVICE	1ST BAND	2ND BAND
FDLL914	BLACK	BROWN
FDLL914A	BLACK	GRAY
FDLL914B	BROWN	BLACK
FDLL916	BLACK	RED
FDLL916A	BLACK	WHITE
FDLL916B	BROWN	BROWN
FDLL4148	BLACK	BROWN
FDLL4448	BROWN	BLACK

Small Signal Diode

Absolute Maximum Ratings*

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{RRM}	Maximum Repetitive Reverse Voltage	100	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current	200	mA
I_{FSM}	Non-repetitive Peak Forward Surge Current Pulse Width = 1.0 second Pulse Width = 1.0 microsecond	1.0	A
		4.0	A
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +200	$^\circ\text{C}$
T_J	Operating Junction Temperature	175	$^\circ\text{C}$

* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 200 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics

Symbol	Characteristic	Max	Units
		1N/FDLL 914/A/B / 4148 / 4448	
P_D	Power Dissipation	500	mW
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	300	$^\circ\text{C/W}$

1N/FDLL 914/A/B / 916/A/B / 4148 / 4448

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
V _R	Breakdown Voltage	I _R = 100 μA I _R = 5.0 μA	100 75		V V
V _F	Forward Voltage 1N914B/4448 1N916B 1N914/916/4148 1N914A/916A 1N916B 1N914B/4448	I _F = 5.0 mA I _F = 5.0 mA I _F = 10 mA I _F = 20 mA I _F = 20 mA I _F = 100 mA	620 630	720 730 1.0 1.0 1.0 1.0	mV mV V V V V
I _R	Reverse Current	V _R = 20 V V _R = 20 V, T _A = 150°C V _R = 75 V		25 50 5.0	nA μA μA
C _T	Total Capacitance 1N916A/B/4448 1N914A/B/4148	V _R = 0, f = 1.0 MHz V _R = 0, f = 1.0 MHz		2.0 4.0	pF pF
t _{rr}	Reverse Recovery Time	I _F = 10 mA, V _R = 6.0 V (60mA), I _{RT} = 1.0 mA, R _L = 100Ω		4.0	ns

Typical Characteristics

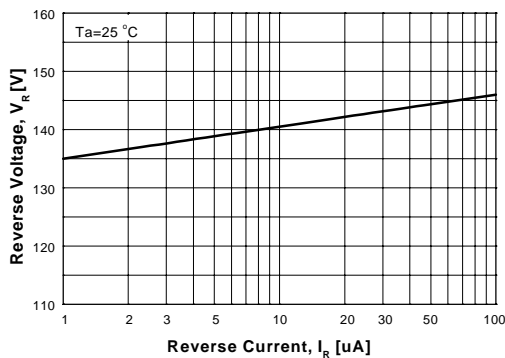
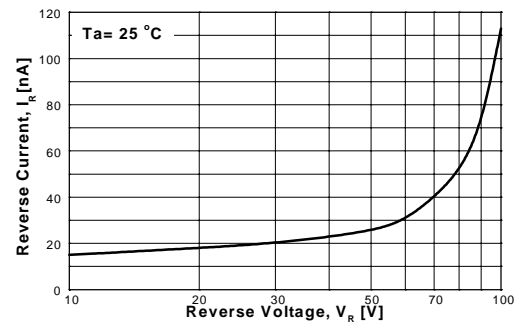
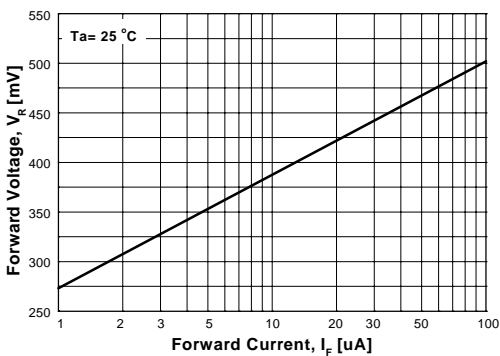


Figure 1. Reverse Voltage vs Reverse Current
BV - 1.0 to 100 μ A

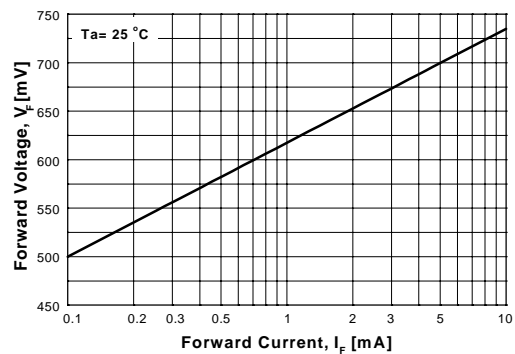


GENERAL RULE: The Reverse Current of a diode will approximately double for every ten (10) Degree C increase in Temperature

Figure 2. Reverse Current vs Reverse Voltage
IR - 10 to 100 V



**Figure 3. Forward Voltage vs Forward Current
VF - 1 to 100 μ A**



**Figure 4. Forward Voltage vs Forward Current
VF - 0.1 to 10 mA**

Typical Characteristics (continued)

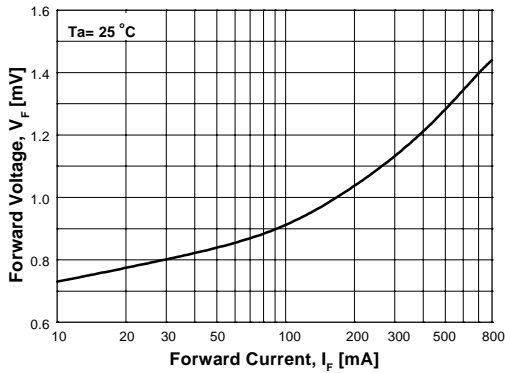


Figure 5. Forward Voltage vs Forward Current
VF - 10 to 800 mA

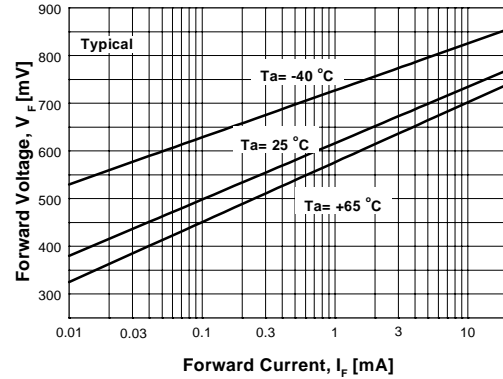


Figure 6. Forward Voltage
vs Ambient Temperature
VF - 0.01 - 20 mA (-40 to +65 Deg C)

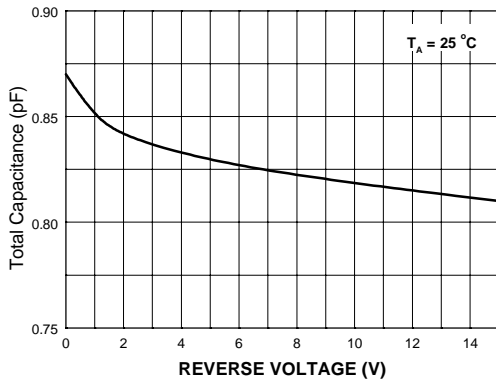


Figure 7. Total Capacitance

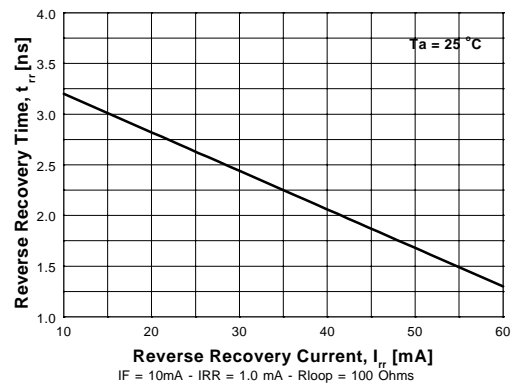


Figure 8. Reverse Recovery Time vs
Reverse Recovery Current

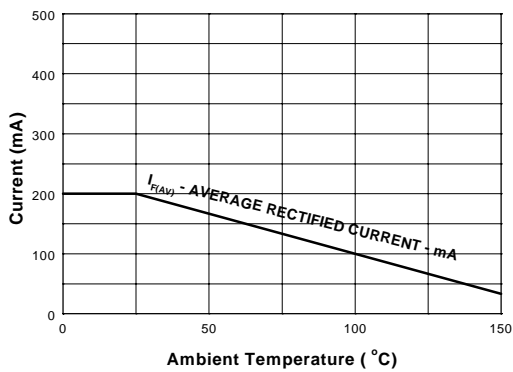


Figure 9. Average Rectified Current ($I_{F(AV)}$)
versus Ambient Temperature (T_A)

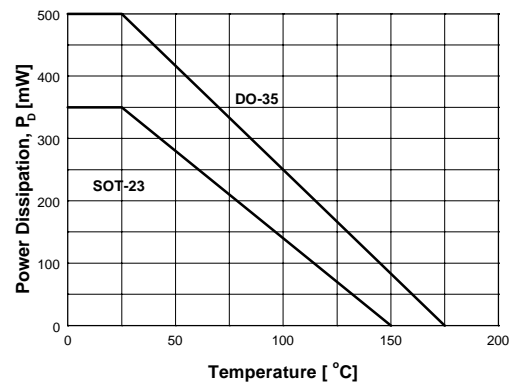


Figure 10. Power Derating Curve

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE ^{Ex} TM	FAST [®]	MICROWIRE TM	SILENT SWITCHER [®]	UHC TM
Bottomless TM	FAST ^r TM	OPTOLOGIC [®]	SMART START TM	UltraFET [®]
CoolFET TM	FRFET TM	OPTOPLANAR TM	SPM TM	VCX TM
CROSSVOLT TM	GlobalOptoisolator TM	PACMAN TM	STAR*POWER TM	
DenseTrench TM	GTO TM	POP TM	Stealth TM	
DOME TM	HiSeC TM	Power247 TM	SuperSOT TM -3	
EcoSPARK TM	I ² C TM	PowerTrench [®]	SuperSOT TM -6	
E ² CMOS TM	ISOPLANAR TM	QFET TM	SuperSOT TM -8	
EnSigna TM	LittleFET TM	QS TM	SyncFET TM	
FACT TM	MicroFET TM	QT Optoelectronics TM	TinyLogic TM	
FACT Quiet Series TM	MicroPak TM	Quiet Series TM	TruTranslation TM	

STAR*POWER is used under license

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.